

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO

CARRERA: INGENIERÍA MECÁNICA

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:
INGENIERO MECÁNICO

TEMA:
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA LAVADORA DE
AJONJOLÍ PARA LA EMPRESA PRODUCTOS SCHULLO CON UNA
CAPACIDAD DE PROCESAMIENTO DE 100kg/h.

AUTOR:
JUAN HENRY SUNTAXI OÑA

DIRECTOR:
MARINO ANTONIO ERAZO LÓPEZ

Quito, junio de 2016

Cesión de derechos de autor

Yo Juan Henry Suntaxi Oña, con documento de identidad N° 1718197773, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del trabajo de titulación intitulado: Diseño y construcción de una máquina lavadora de ajonjolí para la empresa productos Schullo con una capacidad de procesamiento de 100kg/h, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Mecánico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



Juan Henry Suntaxi Oña

CI: 1718197773

Quito, abril del 2016

Declaratoria de coautoría del docente tutor

Yo, declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el trabajo de titulación Diseño y construcción de una máquina lavadora de ajonjolí para la empresa productos Schullo con una capacidad de procesamiento de 100kg/h, realizado por Juan Henry Suntaxi Oña, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, abril de 2016



Marino Antonio Erazo López

Cédula de identidad: 0401174842

ECUADOR: QUITO: SEVILLA N 24-441 Y VIZCAYA - TELFS.: (593-02) 2229097 - 2228904 - 2228852
FAX: 2222489 • WEB: www.schullo.com.ec • E-MAIL: serviciocliente@schullo.com.ec
GUAYAQUIL: Av. Francisco de Orellana • Centro Comercial La Gran Manzana, Locales 103, 104, 105
Telf.: (593-4) 5043116 / 5043191 / 5043190 • ventasg@schullo.com.ec



Productos Schullo S.A.
INDUSTRIA ALIMENTICIA

Quito 13 de Junio de 2016

Señores

Universidad Politécnica Salesiana

Presente

ASUNTO: Autorización

Estimados Señores

Por medio del presente:

Productos Schullo Autoriza a la Universidad Politécnica Salesiana, al uso y publicación de datos de materiales obtenidos para realización del proyecto de titulación del Sr. Juan Henry Suntaxi Oña que lleva como título **Diseño y construcción de máquina lavadora de ajonjolí** misma que será en beneficio de la Empresa.

Atentamente

Productos Schullo S.A.

Productos naturales ricos y beneficiosos para la salud, no contienen aditivos químicos.
* MIEL DE ABEJAS * GRANOLA (SURTIDAS) * MÜSLI (SIN SAL NI AZÚCAR) * SNACK (SIN SAL NI AZÚCAR) *
* GERMEN DE TRIGO * SALVADO DE TRIGO * GALLETAS (SURTIDAS) * ARROZ INTEGRAL *
* AZÚCAR MORENA * AVENA * PANELA ORGÁNICA * CREMA Y PASTA DE MANÍ *
* SEMILLAS DE GIRASOL Y SOYA FANTÁSTICAS *



Dedicatoria

Este trabajo lo dedico a Dios por permitirme cumplir siempre las metas que me he propuesto, a mis padres por el apoyo que me han dado durante todos los años de mi carrera en especial a mi madre ya que ha sido el apoyo fundamental, la fuerza y la voluntad para no rendirme en este largo camino, a mi hermana quien me mostró el camino que debía tomar al iniciar mi carrera y también por todo el apoyo moral, a todas las personas cercanas que han estado a mi lado a lo largo de estos años apoyándome y aportando en mi para ser cada día mejor, dedico también a mis familiares quienes fueron parte de mi vida pero que ahora ya no están vivos que siempre me apoyaron y confiaron en mí y con los cuales no pude compartir más tiempo por mis estudios.

Agradecimiento

Agradezco a mis profesores y compañeros que fueron parte de mi formación académica la misma que me servirá como profesional, a la Universidad Politécnica Salesiana por permitirme formar parte de esta prestigiosa Institución también un agradecimiento muy especial para mi tutor Ing. Marino Erazo ya que aportó con sus conocimientos, tiempo y ha sido una guía fundamental para que este trabajo haya sido concluido.

Tabla de contenidos

Introducción	1
Capítulo I.....	2
Fundamento teórico.....	2
1.1 Antecedentes	2
1.2 El ajonjolí.....	2
1.2.1 Requisitos para la siembra del ajonjolí	3
1.2.1.1 Suelos.....	3
1.2.1.2 Preparación del terreno.....	4
1.2.1.3 Siembra.....	4
1.2.1.4 Fertilización.....	4
1.2.1.5 Temperatura.....	4
1.2.1.6 Agua.....	4
1.2.2 Morfología, contenido proteínico y composición química.....	5
1.2.3 Importancia y usos.....	6
1.3 Diseño de elementos mecánicos.....	6
1.3.1 Eje de transmisión.....	6
1.3.1.1 Diseño para cargas estáticas.....	7
1.3.1.2 Flexión alternante y torsión continua.....	8
1.3.1.3 Diseño por resistencia estática.....	9
1.3.1.4 Teorías de la falla de un material.....	9
1.3.1.5. Diseño por resistencia a la fatiga.....	10
1.3.2 Cojinetes de rodamiento o antifricción.....	17
1.3.2.1 Duración o vida de los cojinetes.....	17
1.3.2.2 Carga en cojinetes.....	18

1.3.2.3 Selección de cojinetes de bolas y de rodillos cilíndricos.	18
1.3.3 Bandas	19
1.3.3.1 Transmisión de bandas planas.....	19
1.3.3.2 Bandas V.	21
1.3.4 Cadenas de rodillos.	22
1.3.5 Chavetas o cunas, pasadores y retenes.	23
1.3.6 Juntas atornilladas.	24
1.3.6.1 Tensión en juntas atornilladas.....	24
1.3.6.2 Uniones atornilladas y remachadas con carga de esfuerzo cortante.	26
1.3.7 Juntas soldadas.....	28
1.3.7.1 Soldadura a tope.....	28
1.3.7.2 Torsión en juntas soldadas.	29
1.5 Diseño estructural.....	30
1.5.1 Métodos.....	31
1.5.2 Acero material estructural.	31
1.5.2.1 Tensión.....	32
1.6 Control y automatización.	34
1.6.1 Componentes de un sistema de control.....	34
1.6.2 Clasificación del control.	34
1.6.3 Parámetros de un sistema físico.	35
1.6.4 Tipos de control y modelación de sistemas.....	36
Capítulo 2.....	37
Estudio de Alternativas.	37
2.1 Sistema de ingreso semilla.....	38
2.2 Sistema extracción impurezas semilla.	41

2.3 Sistema de transmisión de potencia.	46
2.4 Sistema agitación/limpieza de semillas.....	50
2.5 Sistema extracción semilla limpia.....	54
2.6 Sistema estructura.	58
2.7 Alternativa final.	61
2.8 Esquema configuración final de la máquina.	61
Capítulo 3.....	62
Diseño	62
3.1 Densidad de la semilla de ajonjolí.	62
3.2 Justificación dimensional	63
3.3 Dimensionamiento de semilla.	65
3.4 Potencia requerida.	67
3.5 Transmisión de potencia.	72
3.6 Motor eléctrico.	77
3.7 Eje motriz.	78
3.7.1 Diagramas de momentos y fuerzas cortantes.	80
3.8 Diseño estático	81
3.9 Diseño dinámico.....	82
3.10 Rodamiento superior.	84
3.11 Rodamiento inferior.	85
3.12 Pernos chumaceras, juntas empernadas.	86
3.12 Tensión simple.	87
3.13 Corte puro	88
3.14 Diseño paletas.	90
3.14.1 Configuración paletas.	92

3.15 Tanque.....	93
3.16 Estructura.	96
3.16.1 Definición del material:.....	96
3.16.2 Definición de sujeción.....	97
3.16.3 Definición de cargas.....	97
3.16.4 Creación de malla.....	98
3.16.5 Simulación y obtención de resultados.....	98
3.17 Accesorios de tanque.....	99
3.18 Compuerta salida semilla	99
Capítulo 4.....	102
Costos.....	102
4.1 Análisis de costos.....	102
4.1.1 Costos directos	102
4.1.2 Costos Indirectos.....	102
4.2 Análisis de costos directos	103
4.2.1 Costo de materiales	103
4.2.2 Costo de equipos y maquinaria	103
4.2.3 Costo de Mano de obra y montaje.....	104
4.2.4 Costo Directo Total	104
4.3 Análisis de costos indirectos	104
4.3.1 Costos de materiales indirectos	104
4.3.2 Costos Imprevistos.....	105
4.3.3 Costo indirecto total	105
4.4 Costo Total.....	105

Capítulo 5	106
5.1 Diagrama de flujo Proceso de construcción lavadora de ajonjolí	106
5.2 Construcción	107
5.2.1 Maquinaria	107
5.2.2 Herramientas	107
5.2.3 Instrumentos de medición	108
5.2.4 Equipos de seguridad	108
5.3 Procedimiento para construcción de los componentes de la máquina	108
5.3.1 Módulo estructura	108
5.3.2 Módulo tanque	110
5.3.3 Módulo conjunto paletas	111
5.4. Montaje de subconjuntos	112
5.5 Montaje motor eléctrico	113
5.6 Montaje tolva	113
5.7 Montaje de la compuerta inferior	113
5.8 Pruebas de funcionamiento	113
5.9 Manual de funcionamiento.....	113
5.10 Procedimiento de control de calidad	113

Índice de tablas

Tabla 1. Factor de confiabilidad.....	12
Tabla 2. Evaluación peso específico, Sistema ingreso semilla.	40
Tabla 3. Evaluación fiabilidad.	40
Tabla 4. Evaluación facilidad de construcción.	40
Tabla 5. Evaluación facilidad de montaje.	40
Tabla 6. Evaluación ergonomía.....	41
Tabla 7. Evaluación mantenimiento.....	41
Tabla 8. Evaluación costo.	41
Tabla 9. Conclusión sistema ingreso de semillas.....	41
Tabla 10. Evaluación peso específico, sistema extracción impurezas semilla.	44
Tabla 11. Evaluación fiabilidad.	44
Tabla 12. Evaluación facilidad de construcción.	44
Tabla 13. Evaluación facilidad de montaje.	45
Tabla 14. Evaluación ergonomía.....	45
Tabla 15. Evaluación mantenimiento.....	45
Tabla 16. Evaluación costo	45
Tabla 17. Conclusión sistema extracción impurezas semilla.....	45
Tabla 18. Evaluación peso específico, Sistema transmisión de potencia.	48
Tabla 19. Evaluación fiabilidad.	48
Tabla 20. Evaluación facilidad de montaje.	49
Tabla 21. Evaluación ergonomía.....	49
Tabla 22. Evaluación mantenimiento.....	49
Tabla 23. Evaluación costo.	49
Tabla 24. Conclusión sistema transmisión de potencia.	49
Tabla 25. Evaluación peso específico, Sistema agitación limpieza semilla.	52
Tabla 26. Evaluación fiabilidad.	52
Tabla 27. Evaluación facilidad de construcción.	52
Tabla 28. Evaluación facilidad de montaje.	53
Tabla 29. Evaluación mantenimiento.....	53
Tabla 30. Evaluación costo.	53
Tabla 31. Conclusión sistema agitación limpieza semilla.	53

Tabla 32. Evaluación peso específico, sistema extracción semilla limpia.....	56
Tabla 33. Evaluación fiabilidad.	56
Tabla 34. Evaluación facilidad de construcción.	56
Tabla 35. Evaluación facilidad de montaje.	56
Tabla 36. Evaluación ergonomía.....	57
Tabla 37. Evaluación mantenimiento.....	57
Tabla 38. Evaluación costo.	57
Tabla 39. Conclusión sistema extracción semilla limpia.	57
Tabla 40. Evaluación peso específico, Sistema estructura.....	59
Tabla 41. Evaluación fiabilidad.	59
Tabla 42. Evaluación facilidad de construcción.	60
Tabla 43. Evaluación mantenimiento.....	60
Tabla 44. Evaluación costo.	60
Tabla 45. Conclusión Sistema estructura.	60
Tabla 46. Alternativa Final.	61
Tabla 47. Medidas de la densidad de semilla de ajonjolí.....	62
Tabla 48. Dimensiones semilla ajonjolí.....	66
Tabla 49. Dimensiones de la malla	67
Tabla 50. Diámetro de poleas.....	73
Tabla 51. Dimensión de la banda.....	74
Tabla 52. Características de motor eléctrico	77
Tabla 53. Dimensiones de paletas	92
Tabla 54. Eficiencia de soldaduras.....	94
Tabla 55. Resultados espesor pared de tanque.....	95
Tabla 56. Costo de materiales	103
Tabla 57. Costo de equipos y maquinaria	104
Tabla 58. Costo de mano de obra.....	104
Tabla 59. Costo directo total	104
Tabla 60. Costo de materiales indirectos	105
Tabla 61. Costo de imprevistos.....	105
Tabla 62. Costo indirecto total	105
Tabla 63. Costo total	105

Índice de figuras

Figura 1. Planta y semillas ajonjolí.....	3
Figura 2. Acabado de superficie.....	11
Figura 3. Efectos térmicos.....	12
Figura 4. Diagrama de sensibilidad a las ranuras para aceros y aleaciones de aluminio	14
Figura 5. Esfuerzos fluctuantes.....	15
Figura 6. Diagrama de la línea de Goodman modificada.....	16
Figura 7. Diagrama de fatiga para encontrar valores de σ_a y σ_m	16
Figura 8. Cojinete.....	17
Figura 9. Expectativa o esperanza de vida de cojinetes.	17
Figura 10. Longitudes y ángulos de contacto de bandas en disposición normal y cruzada	19
Figura 11. Unión de perno.	25
Figura 12. Falla de remache por cortante puro.	26
Figura 13. Falla por tensión pura.	27
Figura 14. Falla por aplastamiento del remache.	27
Figura 15. Desgarre.....	28
Figura 16. Soldadura típica a tope.....	29
Figura 17. Efecto de momento.....	30
Figura 18. Planteamiento de sistema físico de control.....	35
Figura 19. Tolva.....	38
Figura 20. Compuerta superior.	39
Figura 21. Rejilla.....	42
Figura 22. Válvula de desagüe lateral.	43
Figura 23. Motor eléctrico, poleas, ubicación superior.....	46
Figura 24. Motor eléctrico, reductor, ubicación superior.....	47
Figura 25. Motor, reductor, ubicación inferior.	47
Figura 26. Eje con agitadores laterales.	50
Figura 27. Eje con hélices.	51
Figura 28. Tornillo sinfín.	51

Figura 29. Compuerta.....	54
Figura 30. Apertura manual.	55
Figura 31. Estructura externa.	58
Figura 32. Estructura saliente del recipiente.	58
Figura 33. Vista frontal de la máquina.....	61
Figura 34. Vista posterior de la máquina.	61
Figura 35. Medición de la densidad de semilla.....	62
Figura 36. tanque.....	65
Figura 37. Dimensionamiento de semilla de ajonjolí	66
Figura 38. Dimensiones de malla.....	67
Figura 39. Diagrama fuerza de rozamiento.....	68
Figura 40. Coeficiente de fricción de semillas.....	70
Figura 41. Vista superior de la máquina	73
Figura 42. Sección de la banda	75
Figura 43. Dimensiones del motor eléctrico	77
Figura 44. Diagrama de fuerzas	78
Figura 45. Fuerza cortante V y Momento flexionante M del eje.....	80
Figura 46. Diseño de paletas	90
Figura 47. Momentos en vigas en voladizo	90
Figura 48. Configuración de paletas	93
Figura 49. Esquema de estructura	96
Figura 50. Definición de material	96
Figura 51. Sujeción	97
Figura 52. Cargas	97
Figura 53. Creación de malla	98
Figura 54. Simulación de estructura.....	98
Figura 55. Compuerta de salida	99
Figura 56. Ducto de salida	100
Figura 57. Control	100
Figura 58. Aspectos para el análisis de costos.	102

Índice de ecuaciones

Ec 1. Esfuerzo de flexión	7
Ec 2. Esfuerzo de torsión	7
Ec 3. Esfuerzo cortante máximo	7
Ec 4. Esfuerzo cortante máximo	7
Ec 5. Teoría de la energía de distorsion	7
Ec 6. Esfuerzo de flexión	8
Ec 7. Esfuerzo de flexión	8
Ec 8. Esfuerzo admisible.....	8
Ec 9. Factor de seguridad	8
Ec 10. Esfuerzo de flexión alternante	8
Ec 11. Diámetro de eje	8
Ec 12. Factor de seguridad	9
Ec 13. Esfuerzo de Von Mises	9
Ec 14. Esfuerzo triaxial de Von Mises.....	9
Ec 15. Primera resultante Von Mises.....	10
Ec 16. Segunda resultante Von Mises.....	10
Ec 17. Esfuerzo de Von Mises	10
Ec 18 Relaciones falla por fatiga	10
Ec 19. Relaciones falla por fatiga	10
Ec 20. Factores para la resistencia a la fatiga.....	10
Ec 21. Factores de modificación de Kugel	12
Ec 22. Factor de temperatura	13
Ec 23 Factor de reduccion de fatiga.....	13
Ec 24. Sensibilidad a las ranuras.....	13
Ec 25. Factor e concentracion de esfuerzos	13
Ec 26. Esfuerzo medio	16
Ec 27. Amplitud de esfuerzo	16
Ec 28. Linea de Goodman modificada.....	17
Ec 29. Vida de un cojinete	18
Ec 30. Capacidad básica de carga	18
Ec 31. Selección de cojinetes	18

Ec 32. Relacion entre bandas	20
Ec 33. Potencia transmitida.....	20
Ec 34. Potencia en Watts.....	21
Ec 35. Longitud de paso.....	21
Ec 36. Correa sin contacto	21
Ec 37. Distancia entre ejes	21
Ec 38. Potencia nominal.....	22
Ec 39. Potencia corregida.....	22
Ec 40. Potencia nominal totalmente corregida.....	23
Ec 41: Longitud aproximada.....	23
Ec 42. Resistencia de chavetas.....	23
Ec 43. Esfuerzo de chaveta	24
Ec 44. Area de chaveta.....	24
Ec 45. Esfuerzo de chaveta	24
Ec 46. Factor de seguridad	24
Ec 47. Relacion de rigidez	25
Ec 48. Constante de rigidez del perno.....	25
Ec 49. Constante de rigidez de elementos.....	26
Ec 50. Intervalos de precarga	26
Ec 51. Carga de prueba	26
Ec 52. Factor de seguridad de pernos.....	26
Ec 53. Esfuerzo en remache	27
Ec 54. Esfuerzo de tensión en remache	27
Ec 55. Factor de seguridad de remaches	28
Ec 56. Esfuerzo de soldadura	29
Ec 57. Esfuerzo medio cortante	29
Ec 58. Esfuerzo cortante	29
Ec 59. Momento cortante	30
Ec 60. Relación esfuerzos adminibles.....	32
Ec 61. Esfuerzo admisible.....	32
Ec 62.Esfuerzo a la tensión	32
Ec 63. Factor de seguridad	32
Ec 64. Relación esfuerzos admisibles	33

Ec 65. Esfuerzo admisible con perforación.....	33
Ec 66. Esfuerzo a la tensión con perforación	33
Ec 67. Factor de seguridad	33
Ec 68. Relación esfuerzos admisibles	33
Ec 69. Factor de seguridad	33
Ec 70. Relación esfuerzos admisibles	33
Ec 71. Relación tension admisibles.....	33
Ec 72. Fuerza de Tensión	33
Ec 73. Tensión con factor de seguridad	33
Ec 74. Relación de tensiones.....	33
Ec 75. Tensión admisible	34
Ec 76. Tensión normal	34
Ec. 77. Perímetro del circulo.....	63
Ec. 78. Densidad	63
Ec. 79. Volumen del cilindro	64
Ec. 80. Torque	68
Ec. 81. Fuerza de rozamiento	68
Ec. 82. Normal	68
Ec. 83. Volumen de cilindro	69
Ec. 84. Diámetro eje motriz	72
Ec. 85. Longitud de la banda.....	73

Resumen

En este trabajo se presenta el Diseño y construcción de una máquina lavadora de ajonjolí para la empresa Productos Schullo con una capacidad de procesamiento de 100kg/h.

En el mercado nacional no existe una máquina para el lavado de semillas de ajonjolí por el pequeño tamaño que tiene la semilla y el poco uso que se le da al ajonjolí en la industria ecuatoriana, la empresa para la cual se fabrica la máquina realiza actualmente el lavado de la semilla de ajonjolí de manera manual, lo cual ocasiona pérdida de tiempo para la producción.

El funcionamiento de la máquina consiste en el movimiento circular de unas paletas que se encuentran dentro de un recipiente cilíndrico, adicionalmente se colocaron puertas de acceso y salida de material, así como también válvulas para la entrada y descarga de agua.

Además se diseña una estructura metálica que cumple la función de soporte al tanque y para fijación de otros elementos como el motor de giro, esta estructura es diseñada en el programa Solidworks para determinar de manera confiable que soporte todas las cargas del equipo.

El diseño mecánico de esta máquina es pensado en el factor económico y también cumpliendo con las necesidades de operación, en este trabajo se muestra la factibilidad de los elementos utilizados en la máquina. Para respaldo del diseño se presenta figuras, tablas, planos, cálculos y simulaciones que serán de ayuda para garantizar la funcionalidad y operación de la máquina a largo plazo.

Diseño estático diseño dinámico factor de potencia
factor de seguridad

Abstract

This paper describes the Design and construction of a washing machine for the products Schullo company with a processing capacity of 100kg / h

In the domestic market there is a machine for washing sesame seeds for its small size it is the seed and the little use given the sesame seeds in the Ecuadorian industry, the company for which the machine is manufactured currently performs washing sesame seed manually, which causes loss of time for production staff.

The operation of the machine consists of the circular movement of paddles that are within a cylindrical container, Additionally the design set of input and output of material, as well as valves for intake and discharge of water were placed.

Furthermore a metal structure that serves as support for attachment to the tank and other elements such as the spindle motor, the structure was designed in SolidWorks program in order to be sure that it will support all equipment loads

The mechanical design of this machine was made thinking in the economic factor and the needs of operation, in this document the feasibility of the elements used in the machine is displayed. To support the design figures, tables, drawings, calculations and simulations that will help to ensure the functionality and operation of the machine long-term are presented.

Static design dynamic design power factor
security factor

Introducción

El ajonjolí es originario y ampliamente cultivado en los países de Oriente Medio, la India y África, usado para múltiples aplicaciones alimenticias como la elaboración de aceites, margarinas, granolas, snacks; apreciado por su sabor agradable y digerible. Semilla también empleada como componente fundamental de productos farmacéuticos como cosméticos, pinturas, jabones.

En el Ecuador su explotación comercial se inició en el año 1960, se introdujo este cultivo a la agricultura nacional. Con este propósito se realizaron algunas importaciones de variedades de algunos países como: Venezuela, Colombia y Nicaragua, siendo estas: aceitera, precoz, chino rojo, Venezuela 51, etc., las mismas que presentaron diversos grados de adaptación y comportamiento. El cultivo se expandió rápidamente estimándose que en el año 1965 se sembraron unas 2256 hectáreas con rendimientos promedios de 700 kg/hectárea y en 1976, 3837 hectáreas con rendimientos promedios de 950 kg/hectáreas; posteriormente este cultivo ha sido desplazado paulatinamente por otros de mayor rentabilidad como: soya, tabaco, hortalizas, etc.

La importancia de esta semilla radica desde años anteriores no solo a nivel económico sino como a nivel industrial. La constante demanda de aceites refinados para consumo humano implica la creciente demanda de materia prima, así como la búsqueda de alimentos naturales que provean una excelente composición nutricional (proteínas, fibras, calcio, etc.).

En el presente trabajo se procede con el diseño de una máquina para la obtención de la semilla apta para el consumo humano, esto es la limpieza o mejor conocido como el lavado de semilla, mismo que permitirá dar a conocer una mejor alternativa al proceso manual de lavado que se ejecuta actualmente; diseño que se prevé se constituya en un aporte para el desarrollo del sector de la agricultura de nuestro país.

Capítulo I

Fundamento teórico

1.1 Antecedentes

La empresa Productos Schullo fundada en 1962 se dedica a la producción de alimentos naturales, miel de abeja, granola en sus diversas variedades y presentaciones, snacks y múltiples tipos de galletas; y para esto necesita procesar los ingredientes de sus productos tales como: avena, trigo, nueces, almendras, miel, pasas, panela, esencias y semillas, dentro de las cuales se destaca la semilla de ajonjolí. Esta semilla se ve sometida a un tratamiento post cosecha, en el que se lava, limpia y seca. La empresa posee las máquinas necesarias para todo este tratamiento, excepto por el lavado, el cual se realiza de manera manual.

Debido a que el ajonjolí tiene una demanda muy alta dentro de la empresa, los recursos invertidos en el tratamiento de la semilla son muy altos, lo que hace necesario el desarrollo de una máquina que permita lavar de manera rápida la semilla y genere ahorro en costos de operación a la empresa haciéndola más eficiente.

Al momento, dentro las universidades en Ecuador no se ha desarrollado un proyecto que satisfaga la necesidad propia de la empresa, tan solo existen estudios acerca de la comercialización de semillas pero no una automatización al tratamiento post cosecha, por lo que la idea del desarrollo y construcción de esta máquina puede considerarse como un aporte no solo al desarrollo y solución del problema de la empresa Schullo, sino como un aporte a las pequeñas industrias alimenticias que emplean este tipo semillas dentro de su producción.

1.2 El ajonjolí.

El ajonjolí es una planta anual, cuyo ciclo puede variar entre 80 y 130 días. Es una especie rústica y de rápido crecimiento. Posee sistema radicular bien desarrollado, muy ramificado y fibroso, formado por una raíz principal pivotante, generalmente superficial. La planta contiene entre 50% y 60% de aceites los cuales son de alta estabilidad, dada la presencia de antioxidantes naturales como la sesamolina, sesamina y sesamol. La composición de sus aceites varía según las variedades (EcuRed, 2016, pág. 1).

Seguidamente se muestra en la Figura 1

Planta y semillas ajonjolí.



Figura 1. Planta y semillas ajonjolí.

Fuente: (Ensalada de palabras, 2012)

Su configuración está dada por el tallo, las hojas, las flores, frutos y semillas. El tallo es erecto y cilíndrico a nivel transversal, donde el área externa es dura en tanto que su médula es blanda. Las hojas tienen una distribución compleja, saliendo en pares opuestas en los surcos, generalmente pueden medir hasta 17cm de longitud con un máximo de 5cm de ancho, siendo un pecíolo largo, que presenta forma lobulada solamente en su base mientras que la parte apical tiene forma lanceolada.

La flor es clasificada como gamopétala, de cáliz pequeño con 5 pétalos. El fruto corresponde a una cápsula de hasta 5 cm de longitud, donde ha estado maduro tiende a abrirse por las suturas longitudinales, de ahí que la parte superior se fragmente en dos. Las semillas miden de 1.5 a 3mm de longitud, son de forma oval, aplanadas y lisas; la almendra se encuentra bien protegida por un endocarpio o testa que es relativamente duro; “las variedades comerciales de ajonjolí tienen semilla comúnmente de color blanco/cremoso, café o negro” (PEREZ, 2002, p. 3).

1.2.1 Requisitos para la siembra del ajonjolí.

Siguiendo las limitantes y requisitos abajo descritos se puede conseguir rendimientos superiores a 900 kg/hectárea (RAMAKRISHNA, 1987).

1.2.1.1 Suelos.

Deben de preferencia suelos caracterizados por ser:

- Franco/arcilloso
- Franco/arenosos

- Limosos u otros similares.

1.2.1.2 Preparación del terreno.

Es necesario un pase de arado y dos de rastra. De disponer de un Rotavator es conveniente hacer un pase de este implemento.

1.2.1.3 Siembra.

Para la siembra se puede emplear sembradoras de arroz o Planet Junior debidamente calibradas, considerando una distancia entre hileras de 0.9m y depositar de 24 a 28 semillas por metro lineal para que al momento de la brotación aparezcan de 18 a 20 plantas por metro lineal.

1.2.1.4 Fertilización.

La fertilización debe hacerse de acuerdo al análisis químico del suelo. Sin embargo, para conseguir elevados rendimientos de ajonjolí, es imprescindible se aplique fertilización con nitrógeno, especialmente si los suelos son pobres en este elemento.

1.2.1.5 Temperatura.

El ajonjolí para su óptimo crecimiento y buena maduración requiere entre 26 °C y 30 °C, donde el mínimo de temperatura de germinación se encuentra en los 12 °C. “En regiones con vientos cálidos y fuertes la planta produce semillas más pequeñas y con menor porcentaje de aceite, por lo que esta planta se cultiva en regiones más frías en el verano y en zonas cálidas en los meses más fríos” (agronomia1ersemestreunach.blogspot.com, 2010, pág. 4)

1.2.1.6 Agua.

Para buenas cosechas se necesitan “precipitaciones entre 300 a 600 mm distribuidas en forma óptima durante el periodo de crecimiento” (Friedman & Penner, 2009, pág. 6). Entendiéndose como óptimas: “hasta la primera formación de botones flores el 35%, floración principal el 45%” (Friedman & Penner, 2009, pág. 6) y el 20% durante la maduración (de existir sequía durante la cosecha)

1.2.2 Morfología, contenido proteínico y composición química.

Es una planta herbácea erguida de 60 a 130 centímetros de altura de tallo anguloso y muy ramificado de hojas opuestas, abundante en raíces, sus flores son de color blanco/rojizo o amarillo y su fruto es una cápsula que contiene un gran número de pequeñísimas semillas lisas aproximadamente de 3 mm de longitud, aplanadas por ambas caras, de color amarillento o color paja con sabor a nuez, de las que se puede extraer una gran cantidad de aceite comestible de sabor agradable. (Universidad Autónoma Gabriel René Moreno, 2015, pág. 8).

En el transcurso de su primer estadio de desarrollo es muy apetitosa, por lo contrario, las plantas adultas son de consistencia fibrosa y llegar a medir, en promedio, 1.5m de altura.

Los frutos son cápsulas dehiscentes, erectas, alargadas y muy estriadas; miden unos 3cm de longitud y usualmente se tornan color café cuando se acerca la maduración; tienen dos lóculos, cada uno con dos hileras de semillas, las cuales emergen a través de cuatro poros apicales, correspondiendo dos poros a cada lóculo. Cada cápsula produce un promedio de 80 semillas (Universidad Autónoma Gabriel René Moreno, 2015, pág. 8).

Es importante precisar que las semillas tienen una longitud que va desde los 1.5 a los 3 mm “son de forma oval, aplanadas y lisas. La almendra se encuentra muy bien protegida por un endocarpio o testa que es relativamente duro. Las variedades comerciales de ajonjolí tienen semilla comúnmente de color blanco cremoso, café o negro” (Universidad Autónoma Gabriel René Moreno, 2015, pág. 8).

Se caracteriza por ser una planta herbácea, anual, cuyo fruto aprovechable, son las semillas que crecen dentro de cápsulas, con tendencia a desprenderse al madurar. La composición de la semilla de ajonjolí varía de acuerdo a la variedad, su contenido de aceite va de entre menos del 40% hasta más del 50% (PEREZ, 2002, pág. 3).

De forma general se explicita que la semilla de ajonjolí está compuesta por:

- Aceite 50%.
- Proteínas 25%.
- Carbohidratos 11%.

- Cenizas 5%.
- Fibra 4%.
- Humedad 5% (PEREZ, 2002, pág. 3).

1.2.3 Importancia y usos.

A nivel global la mayor utilidad del ajonjolí está orientada a la elaboración de aceite por ser este muy valioso considerando que es de cómoda digestión y que demora en enranciarse, lo que facilita su conservación por períodos largos de tiempo. Tiene como principales características ser:

Transparente claro, su color varía entre el amarillo pálido y el ambarino, oscuro. Artificialmente se le da un color verdoso, semejante al del olivo francés. Es casi inodoro, su sabor es dulce y agradable; su densidad es de 0.92; se congela a 5 °C bajo cero. No es secante. Contiene 76% de oleína, estearina, miristina y palmitina y encierra además una materia resinosa, que le da la propiedad de ponerse verde cuando se le trata por una mezcla de ácido sulfúrico y nítrico (PEREZ, 2002, pág. 4).

Debido a su atractivo sabor, así como al aspecto que tiene y al color, posee diversas formas de aplicación en la industria y para el consumo humano, de igual modo se emplea como aceite para consumo, en la producción de margarinas, granolas, snacks, galletas y como ingrediente para la industria de jabones. Además se utiliza “en la fabricación de cosméticos y en la industria de la pintura, sobre todo por ser de buena estabilidad” (PEREZ, 2002, pág. 4).

Luego de extraer el aceite “queda una pasta residual que es muy usada en la alimentación del ganado, aves de corral y otros animales, la pasta residual contiene alrededor de 45 a 50% de proteína, de la cual el 92% es digerible” (PEREZ, 2002, pág. 4).

1.3 Diseño de elementos mecánicos.

1.3.1 Eje de transmisión.

Un eje de transmisión es un elemento cilíndrico de sección circular, que puede estar fijo o estar girando, sobre el que se montan engranes, poleas, volantes, ruedas de cadena, manivelas, así como otros elementos mecánicos de transmisión de flexión, tensión, compresión o torsión que actúan individualmente combinadas (Shigley, Manual de Diseño Mecánico, 1989, p. 186).

1.3.1.1 Diseño para cargas estáticas.

Los esfuerzos presentes en la superficie de un eje circular sólido, sometidos a esfuerzos combinados torsión y flexión, son:

$$\sigma_x = \frac{32M}{\pi d^3} \quad \text{Ec 1. Esfuerzo de flexión}$$

$$\tau_{xy} = \frac{16T}{\pi d^3} \quad \text{Ec 2. Esfuerzo de torsión}$$

Donde:

σ_x : esfuerzo de flexión.

τ_{xy} : esfuerzo de torsión.

d: diámetro de eje.

M: momento de flexión en la sección crítica.

T: momento de torsión en la sección crítica.

Mediante el círculo de Mohr se halla que el esfuerzo cortante máximo es:

$$\tau_{max} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_x}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2} \quad \text{Ec 3. Esfuerzo cortante máximo}$$

Al suprimir el esfuerzo de flexión y el de torsión se logra obtener:

$$\tau_{max} = \frac{16}{\pi d^3} \sqrt{M^2 + T^2} \quad \text{Ec 4. Esfuerzo cortante máximo}$$

Empleando un factor de seguridad n la ecuación puede escribirse:

$$d = \left[\frac{32n}{\pi S_y} \left(M^2 + \frac{3T^2}{4} \right)^{1/2} \right]^{1/3} \quad \text{Ec 5. Teoría de la energía de distorsion}$$

Sin suprimir el esfuerzo de flexión se obtiene que:

$$\sigma_{A,B} = \frac{16M}{\pi d^3} \pm \sqrt{\left(\frac{32M}{2\pi d^3}\right)^2 + \left(\frac{16T}{\pi d^3}\right)^2} \quad \text{Ec 6. Esfuerzo de flexión}$$

$$\sigma_{A,B} = \frac{16}{\pi d^3} (M \pm \sqrt{M^2 + T^2}) \quad \text{Ec 7. Esfuerzo de flexión}$$

Al aplicar la teoría de la distorsión se tiene que para el diseño estático se determina que:

$$S_A = \frac{S_y}{\sqrt{1 + \left(\frac{\sigma_3}{\sigma_1}\right) + \left(\frac{\sigma_3}{\sigma_1}\right)^2}} \quad \text{Ec 8. Esfuerzo admisible}$$

En tanto que el factor de seguridad para un diseño estático responde a:

$$n = \frac{S_A}{\sigma_1} \quad \text{Ec 9. Factor de seguridad}$$

1.3.1.2 Flexión alternante y torsión continua.

En todo eje, sometido con momentos de flexión y torsión constantes en función del tiempo, se produce un esfuerzo flexionante que varía alternativamente en su totalidad.

Se simboliza por S_e al límite de fatiga completamente corregido y por n el factor de seguridad.

$$\frac{S_e}{n} = \sigma_a \quad \text{Ec 10. Esfuerzo de flexión alternante}$$

Por lo que la ecuación final:

$$d = \left(\frac{32Mn}{\pi S_e}\right)^{1/3} \quad \text{Ec 11. Diámetro de eje}$$

Porque la presencia de ζ_m no altera al límite de fatiga flexionante.

1.3.1.3 Diseño por resistencia estática.

El coeficiente de seguridad es aplicado para determinar la condición de seguridad que presenta o no un elemento, además este factor es usado frecuentemente en la ingeniería de diseño cuando se consideran las fluctuaciones que puedan surgir al influir las cargas aplicadas en la realidad en elementos diseñados y construidos.

Por lo que el factor de seguridad n se define por una u otra de las ecuaciones.

$$n = \frac{F_u}{F} \text{ o bien } n = \frac{S}{\sigma} \quad \text{Ec 12. Factor de seguridad}$$

Donde F_u representa el esfuerzo permisible máximo al que se puede someter un elemento en su función. Por lo tanto, F_u es el valor límite de F . En el segundo término de la ecuación, S es la resistencia y σ es el esfuerzo. En este caso, S también es el valor límite de σ . Por supuesto, si S es una resistencia al corte entonces σ debe ser un esfuerzo cortante, es decir ambos valores deben ser correlativos.

1.3.1.4 Teorías de la falla de un material.

Para estudios de análisis y diseño conviene definir el concepto de esfuerzo de von Mises a partir de la ecuación, como:

$$\sigma' = \sqrt{\sigma_A^2 - \sigma_A\sigma_B + \sigma_B^2} \quad \text{Ec 13. Esfuerzo de Von Mises}$$

La ecuación correspondiente al estado de esfuerzo triaxial es:

$$\sigma' = \sqrt{\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}{2}} \quad \text{Ec 14. Esfuerzo triaxial de Von Mises}$$

Es posible pasar por alto el análisis del círculo de Mohr en el caso especial de flexión y torsión combinadas, cuando se determina el esfuerzo de von Mises. Un círculo de Mohr para tal estado de esfuerzo revelará que los dos principales distintos de cero son:

$$\sigma_A = \frac{\sigma_x}{2} + \tau_{xy} \quad \text{Ec 15. Primera resultante Von Mises}$$

$$\sigma_B = \frac{\sigma_x}{2} - \tau_{xy} \quad \text{Ec 16. Segunda resultante Von Mises}$$

Cuando ambos esfuerzos se sustituyen en la ecuación, resulta:

$$\sigma' = \sqrt{\sigma_x^2 + 3\tau_{xy}^2} \quad \text{Ec 17. Esfuerzo de Von Mises}$$

1.3.1.5. Diseño por resistencia a la fatiga.

Cuando los esfuerzos varían o fluctúan entre determinados valores, esto, en cualquier fibra, causará un esfuerzo que se mantendrá siendo variable pero que oscilará entre valores distintos, éstas y otras clases de cargas que ocurren en elementos de máquina originan esfuerzos que se designan repetidos, alternantes o fluctuantes. Estas fallas se caracterizan por presentarse constantemente de manera repetitiva.

Generalmente para predecir el límite de resistencia a la fatiga, en una falla por fatiga, se aplican las siguientes relaciones:

$$S'_e = 0.5S_{ut} \quad S_{ut} \leq 200 \text{ kpsi (1400MPa)} \quad \text{Ec 18 Relaciones falla por fatiga}$$

$$S'_e = 100\text{kpsi} \quad S_{ut} > 200 \text{ kpsi (1400MPa)} \quad \text{Ec 19. Relaciones falla por fatiga}$$

Factores que modifican el límite de resistencia a la fatiga.

Para tener en cuenta las más importantes de estas condiciones se emplea una diversidad de factores de modificación, de los cuales cada uno corresponde a un solo efecto. Con base en lo anterior se tiene:

$$S_e = S'_e k_a k_b k_c k_d k_e k_f \quad \text{Ec 20. Factores para la resistencia a la fatiga}$$

Donde:

S_e : límite de resistencia a la fatiga del elemento mecánico.

S'_e : límite de resistencia a la fatiga de la muestra de viga rotatoria.

k_a : factor de superficie.

k_b : factor de tamaño.

k_c : factor de confiabilidad.

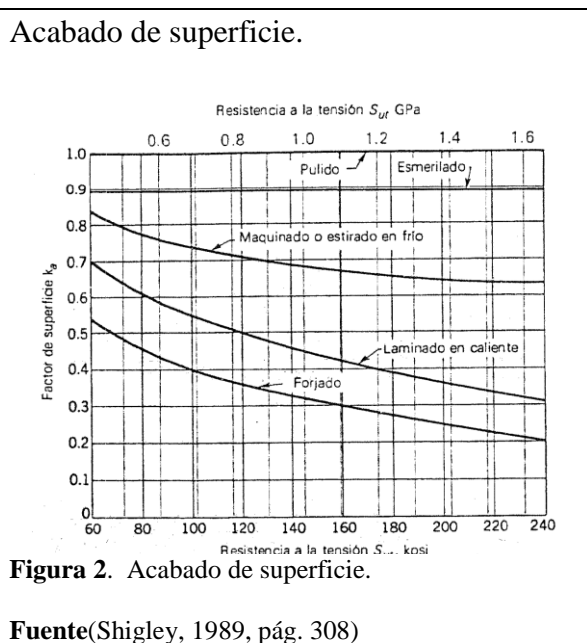
k_d : factor de temperatura.

k_e : factor de modificación por concentración del esfuerzo.

k_f : factor de efectos diversos.

Acabado de superficie.

Los factores de modificación k_a , que se muestra en la figura dependen de la calidad del acabado y de la resistencia a la tensión.



Efectos de tamaño.

Este efecto, debido a las dimensiones, la forma y el método de carga, se denomina efecto de tamaño. El factor de modificación se basa en la propuesta de Kuguel, es una teoría en que toda falla está relacionada con la probabilidad de la interacción de un esfuerzo intenso con un desperfecto crítico en cierto volumen.

$$k_b = \begin{cases} 0.869d^{-0.097} & 0.3 \text{ pulg} < d \leq 10 \text{ pulg} \\ 1 & \leq 0.3 \text{ pulg o bien } d \leq 8 \text{ mm} \\ 1.189d^{-0.097} & 8 \text{ mm} < d \leq 250 \text{ mm} \end{cases} \quad \text{Ec 21. Factores de modificación de Kuguel}$$

Confiabilidad.

“Este factor puede obtenerse de la siguiente tabla, que corresponde a las diversas confiabilidades que se requieren en el diseño, junto con el respectivo factor de confiabilidad k_c ”. (Shigley, Manual de Diseño Mecánico, 1989, pág. 319)

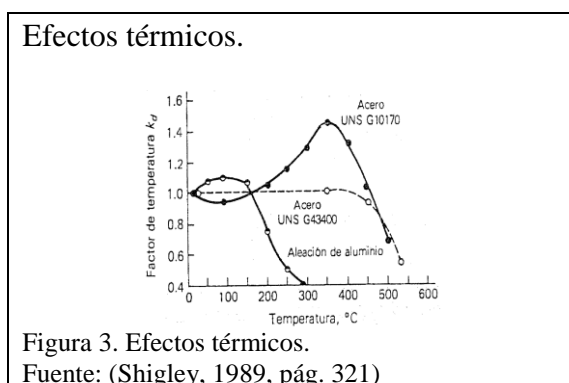
Tabla 1.
Factor de confiabilidad.

FACTOR DE CONFIBILIDAD k_c CORRESPONDIENTES UNA DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE 8% DEL LÍMITE DE FATIGA.		
Confiabilidad	Variable Estandarizada	Factor de Confiabilidad k_c
0.5	0	1.000
0.9	1.288	0.897
0.95	1.645	0.868
0.99	2.326	0.814
0.999	3.091	0.753
0.9999	3.719	0.702
0.99999	4.265	0.659
0.999999	4.753	0.620
0.9999999	5.199	0.584
0.99999999	5.612	0.551
0.999999999	5.997	0.520

Fuente: Shigley, 1989, pág. 319.

Efectos de factor temperatura.

El significado de este factor es para considerar los efectos térmicos o de temperatura. Las altas temperaturas movilizan dislocaciones y reducen la resistencia a la fatiga de muchos materiales. (Shigley, Manual de Diseño Mecánico, 1989, pág. 321)



Estas observaciones se pueden evaluar mediante la relación:

$$k_d = \begin{cases} 1 & T \leq 450^\circ\text{C} (840^\circ\text{F}) \\ 1 - 5.8(10)^{-3}(T - 450) & 450^\circ\text{C} < T \leq 550^\circ\text{C} \\ 1 - 3.2(10)^{-3}(T - 840) & 840^\circ\text{F} < T \leq 1020^\circ\text{F} \end{cases} \quad \text{Ec 22. Factor de temperatura}$$

Efectos de concentración del esfuerzo.

Un gran número de elementos mecánicos tienen agujeros, ranuras, muescas u otras clases de discontinuidades que afectan la distribución del esfuerzo (Shigley, Manual de Diseño Mecánico, 1989, pág. 323)

El factor resultante se define por la ecuación

$$k_f = \frac{\text{límite de fatiga de probetas sin discontinuidades}}{\text{límite de fatiga de probetas con discontinuidades}}$$

Sin embargo, podrán evitarse muchas dificultades si se considera como factor de reducción de la resistencia de un elemento. En consecuencia, se llamara a K_f factor de reducción de resistencia en el caso de fatiga y, casi siempre, se empleara en este sentido. Lo anterior quiere decir que el factor de modificación por concentración del esfuerzo k_f de la ecuación anterior y están relacionados como sigue:

$$k_e = \frac{1}{K_f} \quad \text{Ec 23 Factor de reduccion de fatiga}$$

La sensibilidad a las ranuras (o muescas) q se define por la ecuación:

$$q = \frac{K_f - 1}{K_t - 1} \quad \text{Ec 24. Sensibilidad a las ranuras}$$

Donde el valor de q suele estar entre cero y la unidad. Esta ecuación indica que, si $q=0$, $K_f=1$, el material no tendrá sensibilidad a las ranuras. Por otra parte, si $q=1$ entonces $K_f=K_t$ y el material será completamente sensible. Luego, habiéndose especificado el material, se puede hallar q y despejar K_f de la ecuación:

$$K_f = 1 + q(K_t - 1) \quad \text{Ec 25. Factor e concentracion de esfuerzos}$$

Diagrama de sensibilidad a las ranuras para aceros y aleaciones de aluminio.

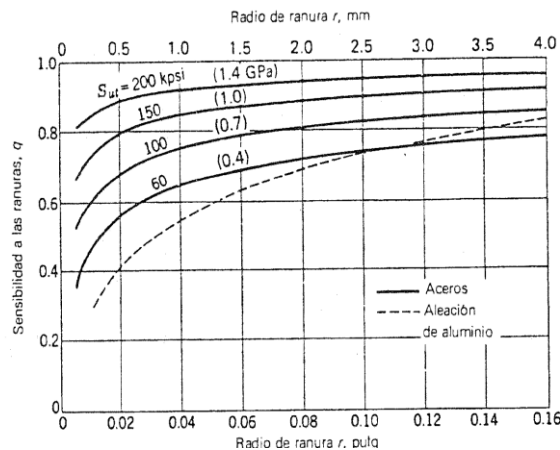


Figura 4. Diagrama de sensibilidad a las ranuras para aceros y aleaciones de aluminio
Fuente: (Shigley, 1989, pág. 323)

Efectos diversos.

“Uno de los motivos para emplear K_f es tomar en cuenta la reducción en el límite de resistencia a la fatiga debida a todos los otros efectos” (Puerta, 2000, pág. 80)

Corrosión: “es de esperar que, en piezas que funcionan en ambientes corrosivos, ocurra una disminución en su resistencia a la fatiga” (Puerta, 2000, pág. 80)

Recubrimiento electrolítico: “los recubrimientos metálicos, como los de los procesos de cromado, niquelado o cadmizado, reducen el límite de resistencia a la fatiga hasta en un 50%” (Puerta, 2000, pág. 80)

Metalizado por aspersión: “este proceso de recubrimiento origina imperfecciones en la superficie, que pueden ser principio de grietas” (Puerta, 2000, pág. 81)

Frecuencia del esfuerzo cíclico: si por alguna razón el proceso de fatiga llegara a depender del tiempo, entonces también lo haría de la frecuencia

Corrosión por apriete: “este fenómeno es el resultado de movimientos microscópicos en la superficie de piezas mecánicas o estructuras estrechamente ajustadas(...)El factor de corrosión por apriete k_f depende del material de las piezas embonantes en contacto y varía de 0.24 a 0.9” (Puerta, 2000, pág. 81)

Esfuerzos fluctuantes: En muchos casos necesita determinar la resistencia de piezas, correspondiente a estados de esfuerzo diferentes de los casos en que hay inversión sucesiva. Las componentes de esfuerzo que se consideran son: (Shigley, Manual de Diseño Mecánico, 1989, pág. 330)

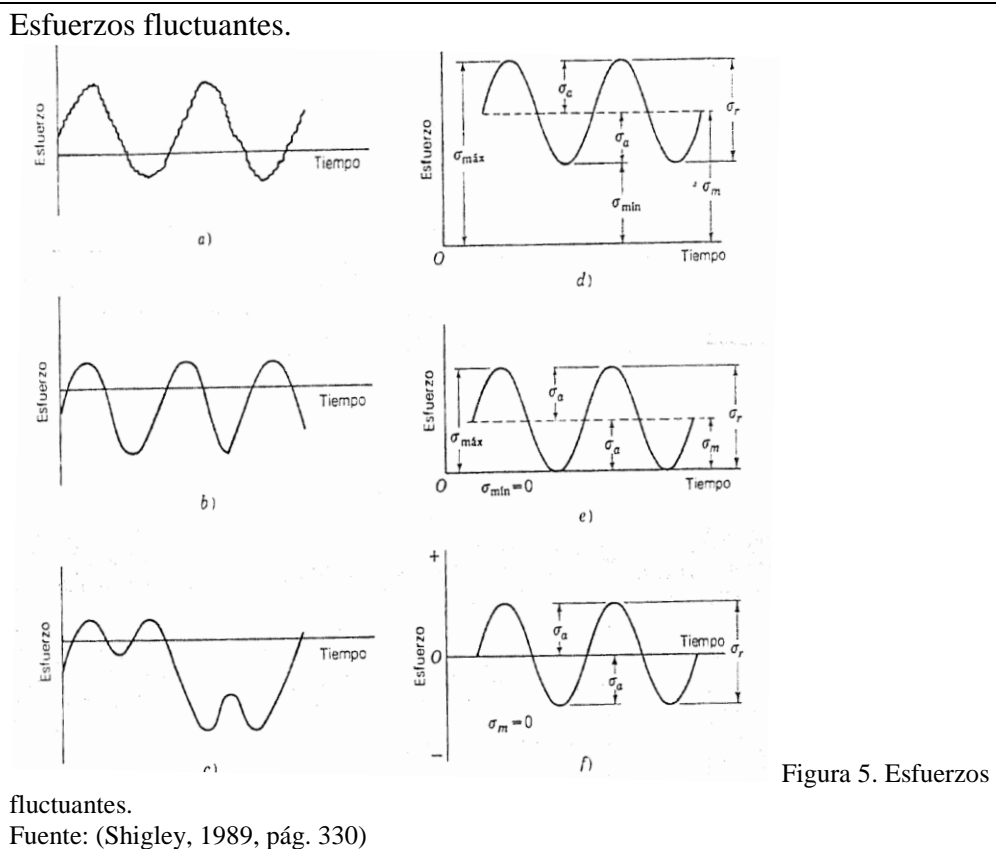


Figura 5. Esfuerzos

σ_{\min} = esfuerzo mínimo.

σ_{\max} = esfuerzo máximo.

σ_a = amplitud de esfuerzo.

σ_m = esfuerzo medio.

σ_r = intervalo total de esfuerzo.

σ_s = esfuerzo estacionario o estático.

En esta figura se aprecia claramente que:

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{\max} + \sigma_{\min}}{2}$$

Ec 26. Esfuerzo medio

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{\max} - \sigma_{\min}}{2}$$

Ec 27. Amplitud de esfuerzo

Resistencias a la fatiga en el caso de esfuerzos fluctuantes.

“En el diagrama de Goodman modificado de la figura, el esfuerzo medio es abscisa y las demás componentes son ordenadas, considerando la tensión en la dirección positiva del eje vertical”. (Badiola, 2004, pág. 69)

Diagrama de la línea de Goodman modificada.

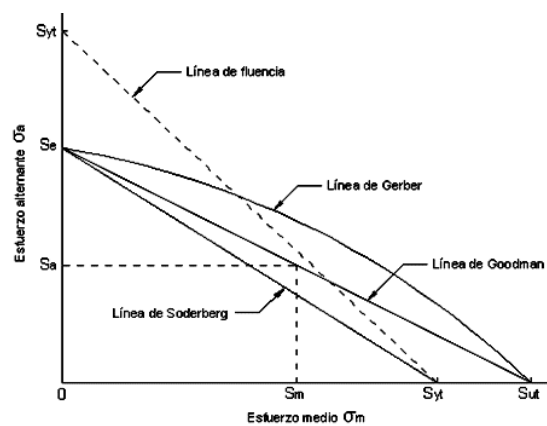


Figura 6. Diagrama de la línea de Goodman modificada.

Fuente: (Shigley, 1989, pág. 334)

Diagrama de fatiga para encontrar valores de σ_a y σ_m .

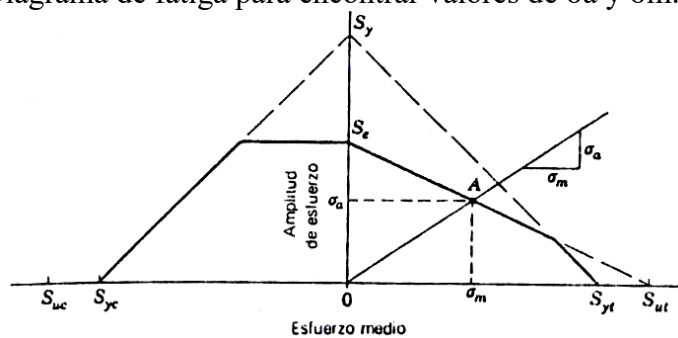


Figura 7. Diagrama de fatiga para encontrar valores de σ_a y σ_m .

Fuente: (Shigley, 1989, pág. 334)

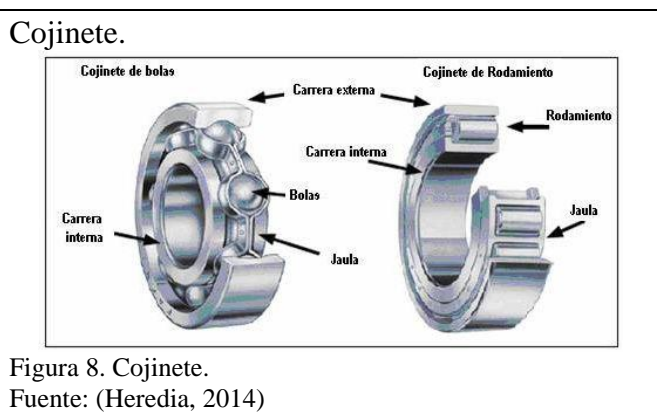
El diagrama de fatiga de la figura es el que se emplearse para fines de diseño, y en él las líneas gruesas determinan el criterio de falla.

La línea de Goodman modificada se puede expresar en forma de ecuación para el cálculo.

$$S_m = \frac{S_e}{\frac{\sigma_a}{\sigma_m} + \frac{S_e}{S_{ut}}} \quad \text{Ec 28. Línea de Goodman modificada}$$

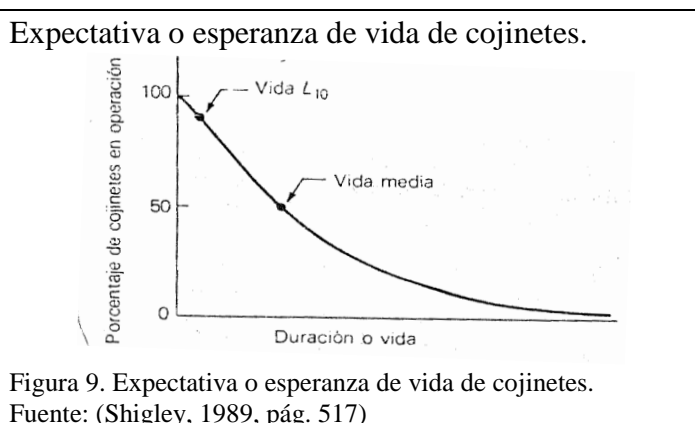
1.3.2 Cojinetes de rodamiento o antifricción.

Las expresiones de cojinete de rodamiento, cojinete de contacto directo y cojinete antifricción “se emplean para describir aquellos en los que la carga principal se transmite a través de elementos que están en contacto de rodadura y no de deslizamiento” (documents.mx, 2015, pág. 1)



1.3.2.1 Duración o vida de los cojinetes.

La vida de un cojinete en particular se define como “el número total de revoluciones de horas de trabajo a una velocidad constante dada, requeridas para que se desarrollen los criterios de falla” (Shigley, Manual de Diseño Mecánico, 1989, pág. 517)



1.3.2.2 Carga en cojinetes.

La vida de un cojinete sujeto a cualquier otra carga F será:

$$C = FL^{\frac{1}{a}} \quad \text{Ec 29. Vida de un cojinete}$$

Donde L está en millones de revoluciones, en la que $a=3$ para cojinetes de bolas y $a=10/3$ para cojinetes de rodillos.

Los fabricantes de cojinetes acostumbran especificar la carga radial nominal de un cojinete en correspondencia con cierta velocidad en rpm y cierta vida L_{10} en horas. Así, en la publicación Timken Engineering Journal se tabulan las capacidades de carga a 3000 horas de vida L_{10} y a 500 rpm. Si se utilizan el subíndice D para los valores de diseño o requeridos y el R para los valores de catálogo o nominal, entonces la ecuación puede ser escrita de la siguiente forma:

$$C_R = F \left[\left(\frac{L_D}{L_R} \right) \left(\frac{n_D}{n_R} \right) \right]^{1/a} \quad \text{Ec 30. Capacidad básica de carga}$$

En la cual C_R es la capacidad básica de carga, correspondiente a L_R horas de vida L_{10} y a la velocidad n_R rpm. La fuerza F es la carga radial real del cojinete que deberá soportarse durante L_D horas de vida nominal o L_{10} y a la velocidad de n_D rpm.

1.3.2.3 Selección de cojinetes de bolas y de rodillos cilíndricos.

De acuerdo con el Catálogo de Rodamientos (FAG, CATALOGO FAG, 2008), estos elementos pueden ser seleccionados mediante la siguiente expresión:

$$C = \frac{f_L}{f_n f_H} P \quad \text{Ec 31. Selección de cojinetes}$$

Donde:

C: Carga dinámica del rodamiento.(N)

P: Carga aplicada. (N)

f_L : Factor de desgaste se obtiene del Catálogo FAG.

f_v : Factor de velocidad se obtiene del Catálogo FAG.

f_H : El factor de dureza se obtienen del Catálogo FAG.

1.3.3 Bandas.

1.3.3.1 Transmisión de bandas planas.

La figura muestra transmisiones de bandas normales y cruzadas y presentan las fórmulas para calcular el ángulo de contacto Θ y la longitud total de la banda L . (Shigley, Manual de Diseño Mecánico, 1989, pág. 801)

Longitudes y ángulos de contacto de bandas en disposición normal y cruzada

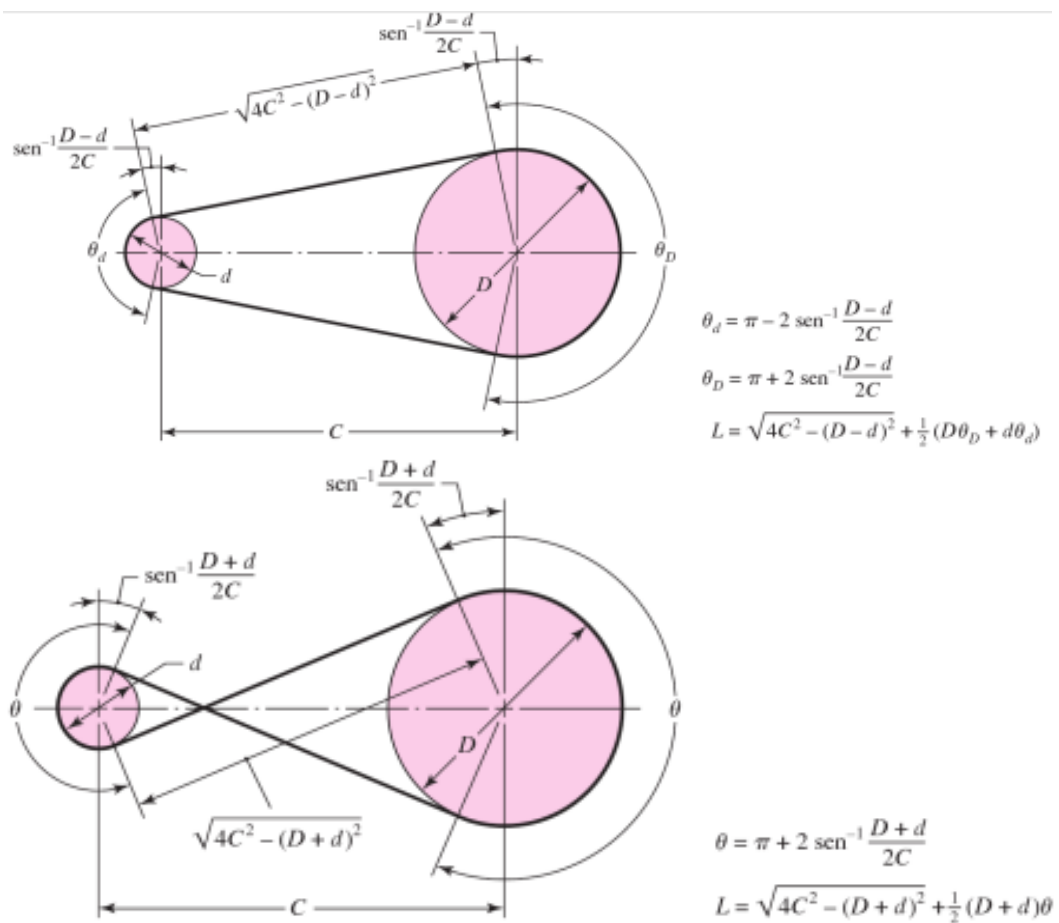


Figura 10. Longitudes y ángulos de contacto de bandas en disposición normal y cruzada
Fuente: (Shigley, 1989, pág. 801)

En el caso de la polea impulsora la banda hace contacto primero en la polea con la tensión en el lado tirante F_1 y la velocidad V_1 , igual a la velocidad en la superficie de la polea. La correa pasa luego sobre el arco inactivo sin cambio en F_1 y V_1 . Luego comienza el contacto con distensión elástico o deslizamiento, y la tensión de la correa cambia de acuerdo con las fuerzas de fricción. Al final del arco efectivo la banda sale de la polea con la tensión en el lado flojo F_2 y una velocidad menor V_2 .

Entonces la relación entre las tensiones incluida el efecto de la fuerza centrífuga resulta:

$$\frac{F_1 - F_c}{F_2 - F_c} = e^{f\theta}$$

Ec 32. Relacion entre bandas

Donde:

F_1 : Tensión en el lado tirante. (N)

F_2 : Tensión en el lado flojo. (N)

F : coeficiente de fricción.

θ : Angulo de contacto

La potencia transmitida, con esta consideración, resulta en caballos de fuerza:

$$H = \frac{(F_1 - F_i)V}{16500}$$

Ec 33. Potencia transmitida

Donde:

H : Potencia transmitida. (CV).

F_1, F_i : Fuerza. (lb)

V : Velocidad. (ft/min).

Para obtener la potencia en watts:

$$P = \frac{(F_1 - F_i)V}{2} \quad \text{Ec 34. Potencia en Watts}$$

Donde:

P: Potencia transmitida.(W)

F_1, F_i : Fuerza. (N)

V: Velocidad. (m/s).

1.3.3.2 Bandas V.

La longitud de una banda trapezoidal o en V se obtienen en forma completamente similar a la que se utilizó para determinar la longitud de una correa plana.

Las siguientes ecuaciones son aplicables:

$$L_p = 2C + 1.57(D + d) + \frac{(D - d)^2}{4C}$$

Ec 35. Longitud de paso

$$K = 4L_p - 6.28(D + d)$$

Ec 36. Correa sin contacto

$$C = \frac{K + K^2 - 32(D - d)^2}{16}$$

Ec 37. Distancia entre ejes

Donde:

C: Distancia entre ejes. (m)

D: Diámetro de la polea mayor. (m)

d: Diámetro de paso de la polea menor. (m)

L_p : Longitud de paso (o efectiva) de la banda. (m)

El método se puede resumir mediante el uso de una fórmula para la potencia nominal. Para las unidades inglesas y las SI tal ecuación, altamente empírica, es:

$$H_r = \left[C_1 - \frac{C_2}{d} - C_3 (rd)^2 - C_4 \log(rd) \right] (rd) + C_2 r \left(1 - \frac{1}{K_A} \right) \quad \text{Ec 38. Potencia nominal}$$

Las constantes de la C_1 a la C_4 dependen de la sección transversal de la correa.

Donde:

r : Numero de rpm del eje de alta velocidad, dividido entre 1000.

K_A : Factor de relación de velocidades.

Cuando se utilizan unidades inglesas los términos restantes en la ecuación son:

H_r : Potencia nominal. (HP)

d : Diámetro de paso de la polea menor. (pulg)

Cuando se emplean unidades SI, los términos:

H_r : Potencia nominal. (kW)

d : Diámetro de paso de la polea menor. (mm)

El factor de corrección por longitud es K_2 y se obtiene mediante tablas. Estos dos factores se utilizan en la ecuación:

$$H_r^1 = K_1 K_2 H_r \quad \text{Ec 39. Potencia corregida}$$

Para obtener la capacidad o potencia corregida H_r^1

Donde:

K_1 : Factor de corrección según el ángulo de contacto.

K_2 : Factor de corrección de longitud.

H_r : Potencia nominal.

1.3.4 Cadenas de rodillos.

La potencia corregida se obtiene aplicando estos dos factores a la capacidad de la tabla correspondiente en la siguiente forma:

$$H_r^1 = K_1 K_2 H_r \quad \text{Ec 40. Potencia nominal totalmente corregida.}$$

Donde:

H_r^1 : Potencia nominal totalmente corregida.

La longitud de una cadena debe determinarse en función del número de pasos. Es preferible tener un número par de estos, pues de otro modo sería necesario un eslabón de compensación. La longitud aproximada puede obtenerse por la siguiente ecuación:

$$\frac{L}{p} = \frac{2C}{p} + \frac{N_1 + N_2}{2} + \frac{(N_2 - N_1)^2}{4\pi^2 (C/p)} \quad \text{Ec 41: Longitud aproximada}$$

Donde:

L: Longitud de la cadena.

p: Paso de la cadena.

C: Distancia entre centros.

N_1 : Numero de dientes en la rueda menor.

N_2 : Numero de dientes en la rueda mayor

1.3.5 Chavetas o cunas, pasadores y retenes.

Estos elementos se usan normalmente para fijar piezas como engranes o poleas a sus ejes, de modo que se pueda transmitir momento de torsión.

De acuerdo a la teoría de energía de distorsión, la resistencia al cortante es

$$S_{sy} = 0.577 * S_y \quad \text{Ec 42. Resistencia de chavetas}$$

La falla por corte a través del área origina un esfuerzo

$$\tau = \frac{F}{A} \quad \text{Ec 43. Esfuerzo de chaveta}$$

De donde el área:

$$A = t * l \quad \text{Ec 44. Area de chaveta}$$

Se tiene

$$\tau = \frac{F}{t * l} \quad \text{Ec 45. Esfuerzo de chaveta}$$

Donde:

F = Fuerza aplicada

T = espesor de la chaveta

L = longitud de la chaveta

Sustituyendo la ecuación se tiene:

$$n = \frac{0.577 * S_y}{\frac{F}{t * l}} \quad \text{Ec 46. Factor de seguridad}$$

1.3.6 Juntas atornilladas.

1.3.6.1 Tensión en juntas atornilladas.

Unión de perno.

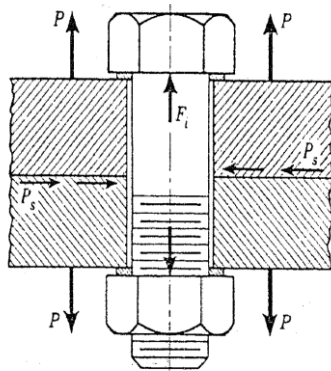


Figura 11. Unión de perno.

Fuente: (Shigley, 1989, pág. 393)

En la siguiente figura se muestra una parte de una junta atornillada.

Las constantes de rigidez del perno y de los elementos responde a: (Shigley, Manual de Diseño Mecánico, 1989, pág. 393)

$$C = \frac{k_b}{k_b + k_m}$$

Ec 47. Relacion de rigidez

Donde:

k_b = Constante de rigidez del perno. [N/m]

k_m = Constante de rigidez de los elementos. [N/m]

$$k_b = \frac{AE}{l} = \frac{\pi d^2 E}{4l}$$

Ecuación 48. Constante de rigidez del perno

Donde:

E = Módulo de elasticidad. [Pa]

d = Diámetro del perno. [m]

l = Longitud del perno. [m]

La constante de rigidez de los elementos responde a:

$$k_m = \frac{\pi E d}{2 \ln \left[5 \frac{(1+0.5d)}{(1+2.5d)} \right]} \quad \text{Ec 49. Constante de rigidez de elementos}$$

Por esta razón, se sugiere que la precarga esté dentro del intervalo:

$$0.6F_p \leq F_i \leq 0.9F_p \quad \text{Ec 50. Intervalos de precarga}$$

Donde F_p es la carga de prueba obtenida de la ecuación:

$$F_p = A_t S_p \quad \text{Ec 51. Carga de prueba}$$

Donde:

A_t = Área transversal del perno. [m^2]

S_p = Resistencia a la prueba. [Pa]

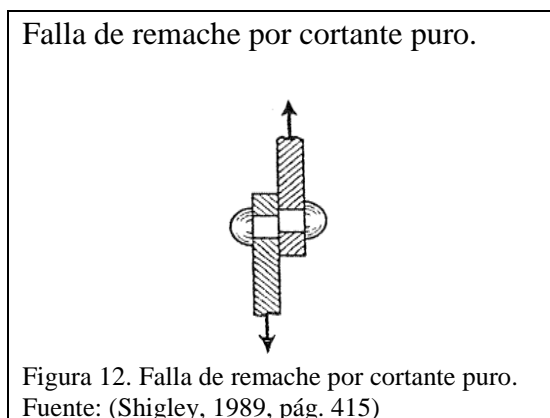
Al utilizar un factor de seguridad n la relación del intervalo puede expresarse:

$$n = \frac{(A_t S_y - F_i)}{CP} \quad \text{Ec 52. Factor de seguridad de pernos}$$

1.3.6.2 Uniones atornilladas y remachadas con carga de esfuerzo cortante.

Las uniones atornilladas y las juntas con carga cortante se tratan exactamente igual al diseñarlas y analizarlas.

En esta figura se indica la falla del remache por cortante puro.



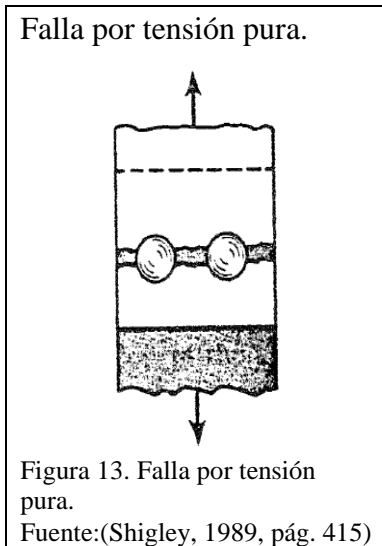
El esfuerzo en el remache es:

$$\tau = \frac{F}{A}$$

Ec 53. Esfuerzo en remache

Donde A es el área transversal de todos los remaches del grupo.

La ruptura de una de las placas, por tensión pura, se ilustra en la siguiente figura.



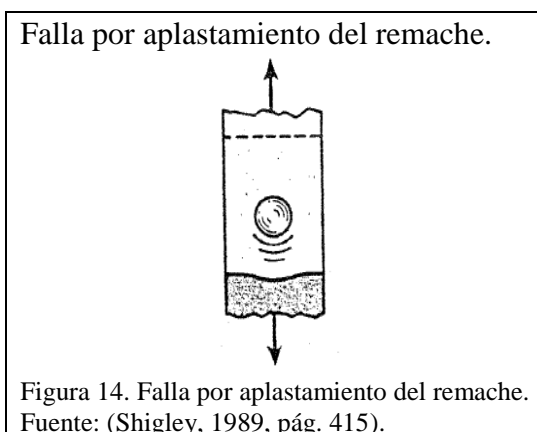
El esfuerzo de tensión es:

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Ec 54. Esfuerzo de tensión en remache

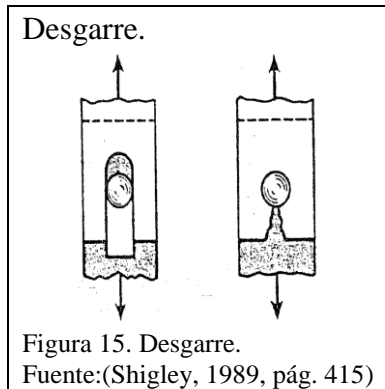
Donde A es el área transversal neta de la placa, reducida en una cantidad igual al área correspondiente a todos los agujeros para remache. En el caso de materiales frágiles y cargas estáticas y para materiales dúctiles o frágiles con carga de fatiga, se deben incluir los efectos de concentración del esfuerzo.

La figura ilustra una falla por aplastamiento del remache o de la placa.



Donde el área proyectada para un solo remache es $A=td$. Aquí t es el espesor de la placa más delgada y d es el diámetro del remache o del perno.

En las siguientes figuras se observan el desgarre o gramil.



En el diseño estructural se acostumbra seleccionar por anticipado el número de remaches y su diámetro y espaciamiento. Luego se determina la resistencia para cada método de falla. Si la resistencia calculada no fuese satisfactoria se hacen cambios en el diámetro, en el espaciamiento o en el número de remaches a utilizar para adaptar la resistencia a las condiciones de carga esperadas. (<http://myslide.es>, 2016, pág. 1)

El factor de seguridad por corte obedece a:

$$n = \frac{S_{sy}}{\tau_{xy}} = \frac{0.577S_y}{\tau_{xy}} \quad \text{Ec 55. Factor de seguridad de remaches}$$

1.3.7 Juntas soldadas.

Actualmente en las operaciones de fabricación manufacturera son empleadas ampliamente los procesos de unión de piezas designados soldadura (directa o con metal de aporte). (Shigley, Manual de Diseño Mecánico, 1989)

1.3.7.1 Soldadura a tope.

La figura muestra una soldadura a tope “con ranura en V sometida a una carga de tensión F . Para cargas de tensión o de compresión el esfuerzo normal medio” (Höhn & Moros, 2002, pág. 34) es:

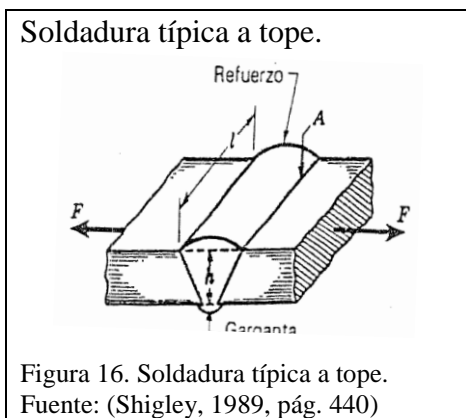
$$\sigma = \frac{F}{hl} \quad \text{Ec 56. Esfuerzo de soldadura}$$

Donde h es la medida de la garganta y la longitud de la soldadura., siendo importante señalar que el valor alcanzado por h no contiene el espesor del refuerzo.

Según (Höhn & Moros, 2002, pág. 34) “el esfuerzo medio en una junta a tope debido a carga cortante es”:

$$\tau = \frac{F}{hl} \quad \text{Ec 57. Esfuerzo medio cortante}$$

Donde h y l pueden entenderse en la figura inferior:

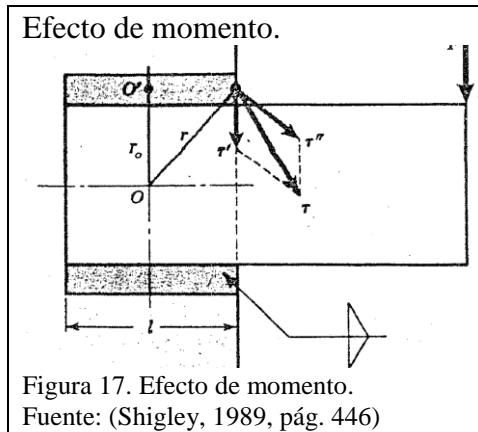


1.3.7.2 Torsión en juntas soldadas.

La figura ilustra un voladizo de longitud l unido a una columna por dos soldaduras de filete. La reacción en el soporte o empotramiento de un voladizo consiste siempre en la existencia de una fuerza cortante V asociada a un momento M. Según (Quinatoa, 2011, pág. 64) “la fuerza produce cortante primario en las juntas, cuya magnitud es”:

$$\tau' = \frac{V}{A} \quad \text{Ec 58. Esfuerzo cortante}$$

Donde A es el área de garganta de todas las soldaduras.



Según (Quinatoa, 2011, pág. 64) “el momento produce cortante secundario o torsión en las juntas y el esfuerzo es”:

$$\tau' = \frac{Mr}{J} \quad \text{Ec 59. Momento cortante}$$

Siendo r la distancia existente entre el centroide del grupo de juntas y el punto en cuestión de la soldadura, en tanto que J es el momento polar de inercia del grupo de juntas con respecto al centroide. Cuando se conoce el tamaño de las soldaduras estas ecuaciones pueden resolverse y los resultados combinarse para obtener el esfuerzo cortante máximo.

1.5 Diseño estructural.

Según Vinnakota “una estructura puede definirse como un sistema de miembros y conexiones individuales, dispuestas para que todo el conjunto permanezca estable y sin cambios apreciables en forma, mientras se logran los criterios de desempeño prescritos” (Vinnakota, s.f.e.).

En gran medida, el comportamiento de una estructura cargada recibe influencia de los materiales utilizados en la construcción (Arellano, 1998).

1.5.1 Métodos.

Los métodos actualmente aprobados por las diferentes especificaciones de diseño y sus principales características son:

- Método de diseño por esfuerzos admisibles:
- Cargas utilizadas en el análisis: de servicio.
- Método de análisis estructural: elástico.
- Criterio de diseño: el esfuerzo actuante debe ser menor o igual que el esfuerzo admisible, el que se obtiene dividiendo el esfuerzo de fluencia o el esfuerzo crítico de pandeo para un coeficiente de seguridad.
- Especificaciones de diseño: AISC, ASD.
- Aplicación: miembros con perfiles laminados o con secciones armadas con placas soldadas. (Brow, 2015)

Una variante de este método consiste en comparar las fuerzas y momentos actuantes, con las fuerzas y momentos admisibles, los que se obtienen dividiendo la respectiva capacidad nominal para un coeficiente de seguridad.

1.5.2 Acero estructural.

Las ventajas fundamentales que posee el acero son:

Alta resistencia por unidad de peso: el peso propio de la estructura de acero es cuantiosamente inferior comparado con otros materiales.

Linealidad y elasticidad: el acero es uno de los materiales que mejor se ajusta en su comportamiento al de un material elasto plástico ideal. Por esto, sus propiedades necesarias para el diseño se pueden conocer con mayor precisión que las de otros materiales.

Ductilidad: el acero estructural es en general un material con gran capacidad de deformación, sin presentar fallas prematuras de tipo frágil.

Facilidad constructiva: permiten prefabricación de los miembros, rapidez en el montaje, facilidad de realizar conexiones, uniformidad en sus propiedades, posibilidad de fácil ampliación y modificación de la estructura.

Facilidad de desmontaje, reutilización y buen precio como material sobrante.

1.5.2.1 Tensión.

La forma de un miembro tensionado depende del tipo de estructura de la cual forma parte y de la clase de conexiones utilizadas para unir sus extremos a las otras partes de la estructura.

Los miembros tensionados de acero doblado en frío, pueden construirse con secciones simples o armadas. Las secciones armadas se usan generalmente en miembros tensionados de armaduras.

“Los miembros tensionados se diseñan suponiendo que los esfuerzos son uniformemente distribuidos en la sección transversa” (Brow, 2015, pág. 8)

El diseño debe considerar los tres estados límites siguientes:

- La falla por falta de resistencia en la sección bruta,
- La falla por fractura en la sección neta efectiva.
- El alargamiento excesivo bajo cargas de servicio. (Brow, 2015, pág. 8)

Según (Brow, 2015, pág. 8) de acuerdo al método de diseño por esfuerzos admisibles:

$$f_t \leq F_t \quad \text{Ec 60. Relación esfuerzos adminibles}$$

Por lo que refiere (Brow, 2015, pág. 9) “según AISC D1, en el área bruta de un miembro sujeto a tensión”:

$$f_t = \frac{T}{A_g} \quad \text{Ec 61. Esfuerzo admisible}$$

$$F_t = \frac{F_y}{n} \quad \text{Ec 62. Esfuerzo a la tensión}$$

$$n = 1.67 \quad \text{Ec 63. Factor de seguridad}$$

Por lo tanto:

$$F_t = 0.6F_y \quad \text{Ec 64. Relación esfuerzos admisibles}$$

Cuando existen perforaciones, en el área neta efectiva de un miembro sujeto a tensión:

$$f_t = \frac{T}{A_e} \quad \text{Ec 65. Esfuerzo admisible con perforación}$$

$$F_t = \frac{F_u}{n} \quad \text{Ec 66. Esfuerzo a la tensión con perforación}$$

$$n = 2 \quad \text{Ec 67. Factor de seguridad}$$

Por lo tanto:

$$F_t = 0.5F_u \quad \text{Ec 68. Relación esfuerzos admisibles}$$

Según AISC D3.1 para miembros conectados con pasadores en sus extremos en el área neta de la zona de la perforación:

$$n = 2.22 \quad \text{Ec 69. Factor de seguridad}$$

$$F_t = 0.45F_y \quad \text{Ec 70. Relación esfuerzos admisibles}$$

Para miembros de lámina delgada doblada en frío, multiplicando la ecuación por el área neta A_n .

$$A_n f_t \leq A_n F_t \quad \text{Ec 71. Relación tension admisibles}$$

Pero

$$A_n f_t = T \quad \text{Ec 72. Fuerza de Tensión}$$

$$A_n F_t = \frac{A_n F_y}{n} \quad \text{Ec 73. Tensión con factor de seguridad}$$

$$T \leq T_a \quad \text{Ec 74. Relación de tensiones}$$

Donde según AISI C2 la tensión admisible en la sección neta es:

$$T_a = \frac{T_n}{n}$$

Ec 75. Tensión admisible

La tensión nominal es:

$$T_n = A_n F_y \text{ y el factor para seguridad es } 1.67$$

Ec 76. Tensión normal

1.6 Control y automatización.

Sistema es un conjunto de elementos que interactúan para cumplir unos objetivos determinados.

El sistema de control es un conjunto de elementos que actúan sobre un sistema para que este cumpla con sus objetivos. (SMITH, 1981)

1.6.1 Componentes de un sistema de control.

El control en sí mismo es un sistema físico y por lo tanto se define como un conjunto de elementos que interactúan entre sí con el fin de posibilitar que un sistema cumpla con sus objetivos. Para evitar confusiones con los sistemas que controla, simplemente se lo llama control

Los componentes principales del control son:

- Sensores: son dispositivos que establecen, detectan o sensan parámetros de los sistemas físicos y envían esta información a un controlador.
- Controlador: es el cerebro que además de almacenar información, recibe información de los sensores la procesa y envía órdenes a los actuadores para que actúen sobre el sistema logre sus objetivos a las condiciones establecidas.
- Actuadores: son dispositivos que reciben las órdenes por parte del controlador y accionan sobre un sistema para controlarlo. (Barragán, 2011, pág. 1)

Los mismos se desarrollan empleando disímiles tipos de tecnologías, ya sean mecánicas, electromecánica, electrónica.

1.6.2 Clasificación del control.

Dependiendo del tipo de sujeto, el control se clasifica en:

- Manual: una persona es la que efectúa el control sobre el sistema.

-Automático: no existe intervención del factor humano, sino son los elementos artificiales los que efectúan dicho control.

-Semiautomático: existe aporte de control por un factor humano y por un factor artificial.

1.6.3 Parámetros de un sistema físico.

Según (Barragán, 2011)

La condición necesaria para que el control de un sistema físico cumpla con su finalidad es que el mismo funcione correctamente. Para el control, los componentes del sistema físico se consideran dentro de una caja negra, y más bien se considera al sistema en forma paramétrica (pág. 2)

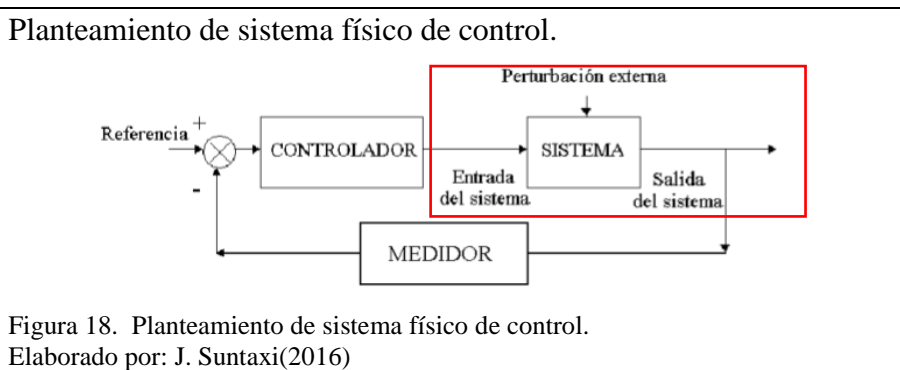


Figura 18. Planteamiento de sistema físico de control.
Elaborado por: J. Suntaxi(2016)

Los mismos son:

-Salidas: son parámetros cuantificables que representan los objetivos de un sistema.

-Entradas: son parámetros cuantificables sobre los que se puede actuar directamente.

-Perturbaciones: son parámetros generalmente del medio ambiente en que funciona el sistema y que son muy difíciles o imposible de evitarlos. Estos parámetros se consideran perturbaciones solamente cuando afectan significativamente en el funcionamiento del sistema. (Barragán, 2011, pág. 2)

Con respecto a la cuantificación de dichos parámetros se puede emplear valores discretos, entre los más importantes están: ON/OFF; ENCENDIDO/APAGADO; 0/1 o también rangos de valores que sean discretos o continuos.

1.6.4 Tipos de control y modelación de sistemas.

Control secuencial: este tipo de control establece una secuencia de ejecución de procesos o eventos, pudiendo ser cíclica o no.

Control de variables: tiene como objetivo que los parámetros de salida de un sistema concuerden con los valores esperados y de referencia.

Cuando el sistema converge con el tiempo al valor de referencia y se mantienen cercano a este valor, se define como sistema estable. Hay casos en que el sistema no converge, o luego de haberse acercado nuevamente se aleja, entonces el sistema es inestable. Cuando la referencia es una función del tiempo, el control debe seguir constantemente con los valores cercanos a la curva de referencia.

Al momento de diseñar un sistema de control de variables es necesario partir de la modelación de un sistema planteado para controlar, es decir, con entradas, salidas y perturbaciones.

Normalmente en sistemas dinámicos, el modelo matemático corresponde a una ecuación o un sistema de ecuaciones ordinarias. Esta ecuación o sistema de ecuaciones deben ser solucionados hasta obtener la función o la gráfica de cada una de las salidas con respecto al tiempo.

Capítulo 2

Estudio de Alternativas.

A continuación, se estudian los principales sistemas que contendrá la máquina en su totalidad. Estas consideran las ventajas y desventajas en cada una de las alternativas planteadas para cada sistema.

El sistema por el cual se va a analizar este estudio es el método ordinal corregido de criterios ponderados (Riba, 2002). La mayor parte de las veces, para decidir entre diversas soluciones basta conocer el orden de preferencia de su evaluación global. Es por ello que se recomienda el método ordinal corregido de criterios ponderados que, sin la necesidad de evaluar los parámetros de cada propiedad y sin tener que estimar numéricamente el peso de cada criterio, permite obtener resultados globales suficientemente significativos.

Se basa en unas tablas donde cada criterio se confronta con los restantes y se asignan los valores siguientes:

- 1 Si el criterio de las filas es superior (o mejor; $>$) que el de las columnas,
- 0,5 Si el criterio (o solución) de las filas es equivalente ($=$) al de las columnas,
- 0 Si el criterio (o solución) de las filas es inferior (o peor; $<$) que el de las columnas.

Luego, para cada criterio (o solución), se suman los valores asignados en relación a los restantes criterios (o soluciones) al que se le añade una unidad (para evitar que el criterio o solución menos favorable tenga una valoración nula); después, en otra columna se calculan los valores ponderados para cada criterio (o solución). Finalmente, la evaluación total para cada solución resulta de la suma de productos de los pesos específicos de cada solución por el peso específico del respectivo criterio.

Los sistemas que van a ser estudiados bajo el parámetro de diseño concurrente son:

- Sistema de ingreso semilla.
- Sistema extracción impurezas semilla.
- Sistema de transmisión de potencia.
- Sistema extracción semilla limpia.

- Sistema agitación/limpieza semilla.
- Sistema desagüe (agua empleada).
- Estructura soportante.

La suma de los sistemas anteriormente descritos constituye la máquina en su totalidad, por lo que será capaz de satisfacer los objetivos del desarrollo de este proyecto.

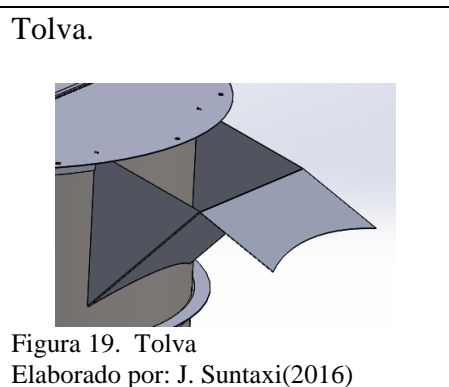
2.1 Sistema de ingreso semilla.

Aquel componente o componentes que faciliten el ingreso de la materia prima para ser sujeto al proceso de limpieza.

Para este sistema se han seleccionado las siguientes alternativas:

- **Alternativa A.**

Tolva. _ aquella destinada al ingreso de la semilla, similar a un embudo de mayores dimensiones con paredes inclinadas, en donde es ingresado el material por su parte superior, ver figura 19.



Ventajas:

- Facilidad de ingreso de material.
- No requiere de apertura alguna por el operador.
- Fácil mantenimiento y control visual de ingreso del material.

Desventajas:

- Mayor complejidad para su fabricación.

- **Alternativa B.**

Compuerta superior, caracterizada por ser de geometría regular, misma que tiene un ángulo de giro en base a la ubicación de su bisagra, ver figura 20.

Compuerta superior.

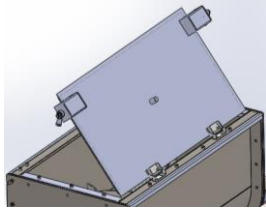


Figura 20. Compuerta superior.
Elaborado por: J. Suntaxi(2016)

Ventajas:

- Facilidad de fabricación.
- Facilidad de mantenimiento.

Desventajas:

- Operador debe abrir previamente la misma.
- Mayor uso de accesorios para su funcionamiento.

Criterios:

Fiabilidad. - permite definir si satisface o no las necesidades del cliente.

Facilidad de construcción. - la disponibilidad de procesos de fabricación para el sistema en cuestión.

Facilidad de montaje. - aptitud de los sistemas para ensamblarse al resto de la máquina.

Ergonomía. - relación hombre-máquina, facilitar las actividades para el operador encargado.

Mantenimiento. - las diversas acciones destinadas a preservar o restaurar el sistema en las condiciones óptimas.

Costo. - relación apropiada entre costo y beneficio.

Tabla 2.
Evaluación peso específico, sistema ingreso semilla.

CRITERIO	Fiabilidad	Facilidad de construcción	Facilidad de montaje	Ergonomía	Mantenimiento	Costo	$\Sigma+1$	Ponderación
Fiabilidad		1	1	0,5	0,5	0,5	4,5	0,21
Facilidad de construcción	0		0,5	0	0,5	0,5	2,5	0,12
Facilidad de montaje	0	0,5		0	0,5	0,5	2,5	0,12
Ergonomía	0,5	1	1		0,5	0,5	4,5	0,21
Mantenimiento	0	0,5	0,5	1		0,5	3,5	0,17
Costo	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5		3,5	0,17
SUMA							21	1,00
Fiabilidad = Ergonomía > Mantenimiento = Costo > Facilidad de construcción = Facilidad de montaje								

Nota: evaluación criterios elaborado por Juan Suntaxi

A continuación, la evaluación del peso para cada uno de los criterios.

Tabla 3.
Evaluación fiabilidad.

FIABILIDAD	Alternativa A	Alternativa B	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa A		0,5	1,5	0,50
Alternativa B	0,5		1,5	0,50
SUMA			3	1
Alternativa A=Alternativa B				

Nota: evaluación alternativa elaborado por Juan Suntaxi

Tabla 4.
Evaluación facilidad de construcción.

FACILIDAD DE CONSTRUCCIÓN	Alternativa A	Alternativa B	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa A		0	1	0,33
Alternativa B	1		2	0,67
SUMA			3	1
Alternativa B>Alternativa A				

Nota: evaluación alternativa elaborado por Juan Suntaxi

Tabla 5.
Evaluación facilidad de montaje.

FACILIDAD DE MONTAJE	Alternativa A	Alternativa B	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa A		0,5	1,5	0,50
Alternativa B	0,5		1,5	0,50
SUMA			3	1
Alternativa A=Alternativa B				

Nota: evaluación alternativa elaborado por Juan Suntaxi

Tabla 6.

Evaluación ergonomía.

ERGONOMÍA	Alternativa A	Alternativa B	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa A		1	2	0,67
Alternativa B	0		1	0,33
SUMA			3	1
<u>Alternativa A>Alternativa B</u>				

Nota: evaluación alternativa elaborado por Juan Suntaxi

Tabla 7.

Evaluación mantenimiento.

MANTENIMIENTO	Alternativa A	Alternativa B	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa A		0,5	1,5	0,50
Alternativa B	0,5		1,5	0,50
SUMA			3	1
<u>Alternativa A=Alternativa B</u>				

Nota: evaluación alternativa elaborado por Juan Suntaxi

Tabla 8.

Evaluación costo.

COSTO	Alternativa A	Alternativa B	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa A		0,5	1,5	0,50
Alternativa B	0,5		1,5	0,50
SUMA			3	1
<u>Alternativa A=Alternativa B</u>				

Nota: evaluación alternativa elaborado por Juan Suntaxi

Y el cálculo de la tabla de conclusiones:

Tabla 9.

Conclusión sistema ingreso de semillas.

CRITERIO	Fiabilidad			Facilidad de construcción			Facilidad de montaje			Ergonomía			Mantenimiento			Costo			Σ	Resultado
Alternativa A	0,50	*	0,21	0,33	*	0,12	0,50	*	0,12	0,67	*	0,21	0,50	*	0,17	0,50	*	0,17	0,516	1
Alternativa B	0,50	*	0,21	0,67	*	0,12	0,50	*	0,12	0,33	*	0,21	0,50	*	0,17	0,50	*	0,17	0,484	2

Nota: evaluación alternativa elaborado por Juan Suntaxi

Siendo la alternativa A la mejor puntuada: Tolva.

2.2 Sistema extracción impurezas semilla.

El material a ser ingresado inicialmente está constituido por la semilla propiamente dicha más las impurezas de la semilla, por lo que se requiere de un método de

selección de este desperdicio. Este sistema surge ante esa necesidad, por lo que a continuación se detallan las alternativas planteadas:

- **Alternativa A.**

Rejilla, accionada manualmente o automáticamente, este sistema se constituirá de un elemento con el tamiz correspondiente al tamaño de las impurezas, elementos adicionales de funcionamiento como controles y accionadores de ser el caso, mismos que se ubican en la parte interna del tanque y que se accionarán cuando se haya realizado el primer ciclo de limpieza, ver figura 21.

Rejilla.

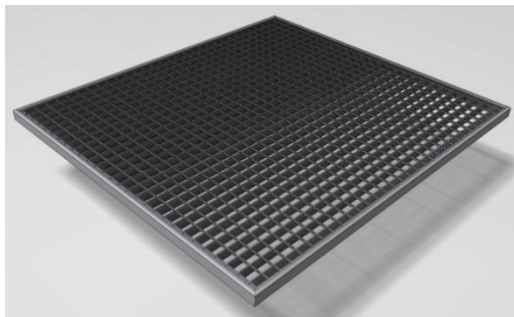


Figura 21. Rejilla.

Fuente: (Repermetal S.A., 2016)

Ventajas:

- Menor manipulación del operador.

Desventajas:

- Mayor costo.
- Mayor complejidad de funcionamiento.
- Mayor número de componentes.
- Requiere mayor mantenimiento.

- **Alternativa B.**

Válvula de desagüe lateral._ este sistema será instalado en la parte lateral del tanque, a la altura del nivel del agua contenida (la altura del agua será superior a la altura de la semilla contenida), aprovechando la menor densidad de las impurezas estas flotarán a la altura indicada, donde podrá ser extraída del tanque mediante la apertura de la válvula (pudiéndose insertar un pequeño tamiz posterior a la salida de la válvula para separar las impurezas del agua extraída), ver figura 22.

Válvula de desagüe lateral.



Figura 22. Válvula de desagüe lateral.

Fuente: (Cexco, 2016)

Ventajas:

- Menor costo.
- Menor número de componentes.
- Facilidad de mantenimiento.
- Facilidad de instalación.

Desventajas:

- Mayor grado de manipulación del operador.

CRITERIOS:

Fiabilidad. - permite definir si satisface o no las necesidades del cliente.

Facilidad de construcción. - la disponibilidad de procesos de fabricación para el sistema en cuestión.

Facilidad de montaje. - aptitud de los sistemas para ensamblarse al resto de la máquina.

Ergonomía. - relación hombre-máquina, facilitar las actividades para el operador encargado.

Mantenimiento. - las diversas acciones destinadas a preservar o restaurar el sistema en las condiciones óptimas.

Costo. - relación apropiada entre costo y beneficio.

Tabla 10.

Evaluación peso específico, Sistema extracción impurezas semilla.

CRITERIO	Fiabilidad	Facilidad de construcción	Facilidad de montaje	Ergonomía	Mantenimiento	Costo	$\Sigma+1$	Ponderación
Fiabilidad		1	1	0,5	0,5	0,5	4,5	0,23
Facilidad de construcción	0		0,5	0	0,5	0	2	0,10
Facilidad de montaje	0	0,5		0	0,5	0	2	0,10
Ergonomía	0,5	1	1		0,5	0,5	4,5	0,23
Mantenimiento	0	0,5	0,5	0		0,5	2,5	0,13
Costo	0,5	1	1	0,5	0,5		4,5	0,23
SUMA							20	1,00
Fiabilidad = Ergonomía = Costo > Mantenimiento > Facilidad de construcción = Facilidad de montaje								

Nota: evaluación criterio elaborado por Juan Suntaxi

A continuación, la evaluación del peso para cada uno de los criterios.

Tabla 11.

Evaluación fiabilidad.

FIABILIDAD	Alternativa A	Alternativa B	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa A		0,5	1,5	0,50
Alternativa B	0,5		1,5	0,50
SUMA			3	1
Alternativa A=Alternativa B				

Nota: evaluación alternativa elaborado por Juan Suntaxi

Tabla 12.

Evaluación facilidad de construcción.

FACILIDAD DE CONSTRUCCIÓN	Alternativa A	Alternativa B	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa A		0	1	0,33
Alternativa B	1		2	0,67
SUMA			3	1
Alternativa B>Alternativa A				

Nota: evaluación alternativa elaborado por Juan Suntaxi

Tabla 13.

Evaluación facilidad de montaje.

FACILIDAD DE MONTAJE	Alternativa A	Alternativa B	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa A		0	1	0,33
Alternativa B	1		2	0,67
SUMA			3	1
Alternativa B>Alternativa A				

Nota: evaluación alternativa elaborado por Juan Suntaxi

Tabla 14.

Evaluación ergonomía.

ERGONOMÍA	Alternativa A	Alternativa B	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa A		1	2	0,67
Alternativa B	0		1	0,33
SUMA			3	1
Alternativa A>Alternativa B				

Nota: evaluación alternativa elaborado por Juan Suntaxi

Tabla 15.

Evaluación mantenimiento.

MANTENIMIENTO	Alternativa A	Alternativa B	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa A		0	1	0,33
Alternativa B	1		2	0,67
SUMA			3	1
Alternativa B>Alternativa A				

Nota: evaluación alternativa elaborado por Juan Suntaxi

Tabla 16.

Evaluación costo.

COSTO	Alternativa A	Alternativa B	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa A		0	1	0,33
Alternativa B	1		2	0,67
SUMA			3	1
Alternativa B>Alternativa A				

Nota: evaluación alternativa elaborado por Juan Suntaxi

Y el cálculo de la tabla de conclusiones:

Tabla 17.

Conclusión sistema extracción impurezas semilla.

CRITERIO	Fiabilidad			Facilidad de construcción			Facilidad de montaje			Ergonomía			Mantenimiento			Costo			Σ	Resultado
Alternativa A	0,50	*	0,23	0,33	*	0,10	0,33	*	0,10	0,67	*	0,23	0,33	*	0,13	0,33	*	0,23	0,446	2
Alternativa B	0,50	*	0,23	0,67	*	0,10	0,67	*	0,10	0,33	*	0,23	0,67	*	0,13	0,67	*	0,23	0,554	1

Nota: evaluación alternativa elaborado por Juan Suntaxi

Concluyéndose que la mejor opción es la Alternativa B: Válvula de desagüe lateral.

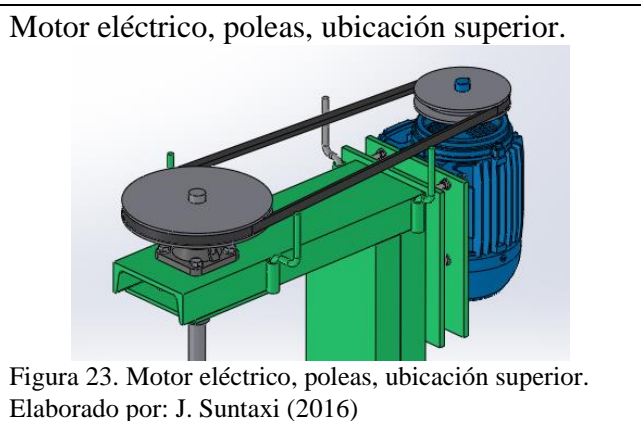
2.3 Sistema de transmisión de potencia.

Sistema encargado de proveer la energía necesaria para el movimiento del sistema de agitación/limpieza.

Para este sistema se ha determinado las siguientes alternativas:

- **Alternativa A.**

Motor eléctrico, ubicación superior, transmisión por poleas._ sistema constituido por un motor eléctrico, transmisión por poleas; cuya configuración facilita grandemente su instalación así como su mantenimiento, ver figura 23.



Ventajas:

- Facilidad de instalación.
- Facilidad de mantenimiento.
- Menor costo.
- Menos elementos complementarios.

Desventajas:

- Mayor rigidez de estructura soportante.

- **Alternativa B.**

Motoreductor eléctrico, ubicación superior._ sistema constituido por un motor eléctrico, uso de un reductor de velocidades; cuya configuración facilita su instalación y mantenimiento, ver figura 24.

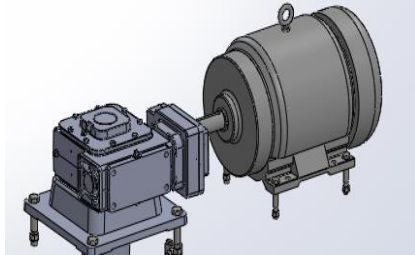
Ventajas:

- Facilidad de instalación.
- Facilidad de mantenimiento.

Desventajas:

- Mayor costo.
- Mayor rigidez de estructura soportante.

Motor eléctrico, reductor, ubicación



superior.

Figura 24. Motor eléctrico, reductor, ubicación superior.

Elaborado por: J. Suntaxi(2016)

• **Alternativa C.**

Motoreductor eléctrico, ubicación inferior._ sistema compuesto de un motor eléctrico, uso de un reductor de velocidades, su ubicación dificulta la instalación y su mantenimiento, ver figura 25.

Motor, reductor, ubicación inferior.

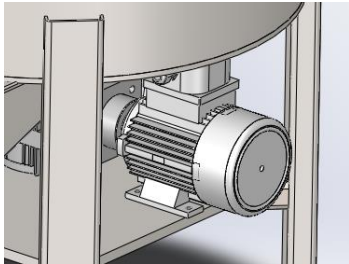


Figura 25. Motor, reductor, ubicación inferior.

Elaborado por: J. Suntaxi(2016)

Ventajas:

- Menor rigidez de la estructura.
- Menor espacio requerido.

Desventajas:

- Dificultad de instalación.
- Dificultad de mantenimiento.
- Complejidad de estructura debido a hermeticidad que debe darse a la parte inferior.

Criterios:

Fiabilidad. - permite definir si satisface o no las necesidades del cliente.

Facilidad de montaje. - aptitud de los sistemas para ensamblarse al resto de la máquina.

Ergonomía. - relación hombre-máquina, facilitar las actividades para el operador encargado.

Mantenimiento. - las diversas acciones destinadas a preservar o restaurar el sistema en las condiciones óptimas.

Costo. - relación apropiada entre costo y beneficio.

Tabla 18.

Evaluación peso específico, Sistema transmisión de potencia.

CRITERIO	Fiabilidad	Facilidad de montaje	Ergonomía	Mantenimiento	Costo	$\Sigma+1$	Ponderación
Fiabilidad		1	0,5	1	0,5	4	0,27
Facilidad de montaje	0		0	0,5	0	1,5	0,10
Ergonomía	0,5	1		0,5	0,5	3,5	0,23
Mantenimiento	0	0,5	0,5		0,5	2,5	0,17
Costo	0,5	0,5	1	0,5		3,5	0,23
SUMA						15	1,00
Fiabilidad > Ergonomía = Costo > Mantenimiento > Facilidad de montaje							

Nota: evaluación criterio elaborado por Juan Suntaxi

A continuación, la evaluación del peso para cada uno de los criterios.

Tabla 19.

Evaluación fiabilidad.

FIABILIDAD	Alternativa A	Alternativa B	Alternativa C	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa A		0,5	0,5	2	0,33
Alternativa B	0,5		0,5	2	0,33
Alternativa C	0,5	0,5		2	0,33
SUMA				6	1
Alternativa A=Alternativa B=Alternativa C					

Nota: evaluación alternativa elaborado por Juan Suntaxi

Tabla 20.

Evaluación facilidad de montaje.

FACILIDAD DE MONTAJE	Alternativa A	Alternativa B	Alternativa C	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa A		1	1	3	0,50
Alternativa B	0		1	2	0,33
Alternativa C	0	0		1	0,17
SUMA				6	1
Alternativa A>Alternativa B>Alternativa C					

Nota: evaluación alternativa elaborado por Juan Suntaxi

Tabla 21.

Evaluación ergonomía.

ERGONOMÍA	Alternativa A	Alternativa B	Alternativa C	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa A		1	1	3	0,50
Alternativa B	0		1	2	0,33
Alternativa C	0	0		1	0,17
SUMA				6	1
Alternativa A>Alternativa B>Alternativa C					

Nota: evaluación alternativa elaborado por Juan Suntaxi

Tabla 22.

Evaluación mantenimiento.

MANTENIMIENTO	Alternativa A	Alternativa B	Alternativa C	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa A		1	1	3	0,50
Alternativa B	0		1	2	0,33
Alternativa C	0	0		1	0,17
SUMA				6	1
Alternativa A>Alternativa B>Alternativa C					

Nota: evaluación alternativa elaborado por Juan Suntaxi

Tabla 23.

Evaluación costo.

COSTO	Alternativa A	Alternativa B	Alternativa C	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa A		1	1	3	0,50
Alternativa B	0		0,5	1,5	0,25
Alternativa C	0	0,5		1,5	0,25
SUMA				6	1
Alternativa A>Alternativa B=Alternativa C					

Nota: evaluación alternativa elaborado por Juan Suntaxi

Y el cálculo de la tabla de conclusiones:

Tabla 24.

Conclusión sistema transmisión de potencia.

CRITERIO	Fiabilidad			Facilidad de montaje			Ergonomía			Mantenimiento			Costo			Σ	Resultado
Alternativa A	0,33	*	0,27	0,50	*	0,10	0,50	*	0,23	0,50	*	0,17	0,50	*	0,23	0,456	1
Alternativa B	0,33	*	0,27	0,33	*	0,10	0,33	*	0,23	0,33	*	0,17	0,25	*	0,23	0,314	2
Alternativa C	0,33	*	0,27	0,17	*	0,10	0,17	*	0,23	0,17	*	0,17	0,25	*	0,23	0,231	3

Nota: conclusión criterio elaborado por Juan Suntaxi

Teniendo como mejor selección a la Alternativa A: Motor eléctrico, ubicación superior, transmisión por poleas.

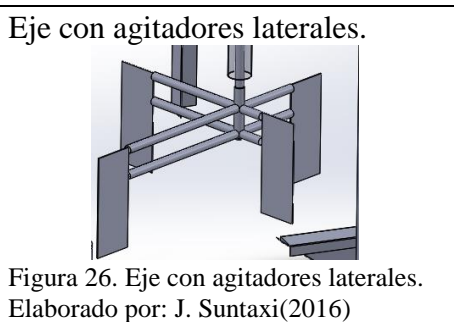
2.4 Sistema agitación/limpieza de semillas.

Es el sistema encargado de obtener la semilla limpia para el posterior uso de la misma en el proceso de producción.

Siendo las alternativas designadas las siguientes:

- **Alternativa A.**

Eje con agitadores laterales, ver figura 26.



Ventajas:

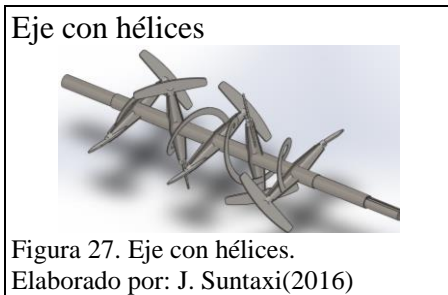
- Facilidad de fabricación.
- Facilidad de instalación.
- Facilidad de mantenimiento.
- Menor costo.

Desventajas:

- No cubre completamente el volumen interior.

- **Alternativa B.**

Eje con hélices, ver figura 27.



Ventajas:

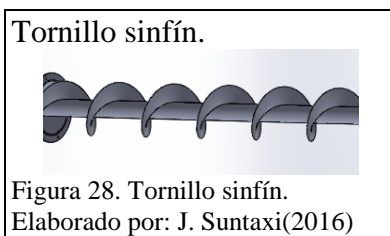
- Cubre completamente el volumen interior.

Desventajas:

- Dificultad de fabricación.
- Dificultad de mantenimiento.
- Mayor costo.

- **Alternativa C.**

Tornillo sinfín, ver figura 28.



Ventajas:

- Cubre completamente el volumen interior.

Desventajas:

- Dificultad de fabricación.
- Dificultad de mantenimiento.
- Mayor costo.

Criterios:

Fiabilidad. - permite definir si satisface o no las necesidades del cliente.

Facilidad de construcción. - la disponibilidad de procesos de fabricación para el sistema en cuestión.

Facilidad de montaje. - aptitud de los sistemas para ensamblarse al resto de la máquina.

Mantenimiento. - las diversas acciones destinadas a preservar o restaurar el sistema en las condiciones óptimas.

Costo. - relación apropiada entre costo y beneficio.

Tabla 25.

Evaluación peso específico, Sistema agitación limpieza semilla.

CRITERIO	Fiabilidad	Facilidad de construcción	Facilidad de montaje	Mantenimiento	Costo	$\Sigma+1$	Ponderación
Fiabilidad		1	1	1	0,5	4,5	0,30
Facilidad de construcción	0		0,5	0,5	0	2	0,13
Facilidad de montaje	0	0,5		0,5	0	2	0,13
Mantenimiento	0	0,5	0,5		0	2	0,13
Costo	0,5	1	1	1		4,5	0,30
SUMA						15	1,00
Fiabilidad = Costo > Facilidad de construcción = Facilidad de montaje = Mantenimiento							

Nota: evaluación criterio elaborado por Juan Sntaxi

A continuación, la evaluación del peso para cada uno de los criterios.

Tabla 26.

Evaluación fiabilidad.

FIABILIDAD	Alternativa A	Alternativa B	Alternativa C	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa A		0,5	0,5	2	0,33
Alternativa B	0,5		0,5	2	0,33
Alternativa C	0,5	0,5		2	0,33
SUMA				6	1
Alternativa A=Alternativa B=Alternativa C					

Nota: evaluación alternativa elaborado por Juan Sntaxi

Tabla 27.

Evaluación facilidad de construcción.

FACILIDAD DE CONSTRUCCIÓN	Alternativa A	Alternativa B	Alternativa C	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa A		1	1	3	0,50
Alternativa B	0		0,5	1,5	0,25
Alternativa C	0	0,5		1,5	0,25
SUMA				6	1
Alternativa A>Alternativa B=Alternativa C					

Nota: evaluación alternativa elaborado por Juan Suntaxi

Tabla 28.

Evaluación facilidad de montaje.

FACILIDAD DE MONTAJE	Alternativa A	Alternativa B	Alternativa C	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa A		1	1	3	0,50
Alternativa B	0		0,5	1,5	0,25
Alternativa C	0	0,5		1,5	0,25
SUMA				6	1
Alternativa A>Alternativa B=Alternativa C					

Nota: evaluación alternativa elaborado por Juan Suntaxi

Tabla 29.

Evaluación mantenimiento.

MANTENIMIENTO	Alternativa A	Alternativa B	Alternativa C	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa A		1	1	3	0,50
Alternativa B	0		0,5	1,5	0,25
Alternativa C	0	0,5		1,5	0,25
SUMA				6	1
Alternativa A>Alternativa B=Alternativa C					

Nota: evaluación alternativa elaborado por Juan Suntaxi

Tabla 30.

Evaluación costo.

COSTO	Alternativa A	Alternativa B	Alternativa C	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa A		1	1	3	0,50
Alternativa B	0		1	2	0,33
Alternativa C	0	0		1	0,17
SUMA				6	1
Alternativa A>Alternativa B>Alternativa C					

Nota: evaluación alternativa elaborado por Juan Suntaxi

Y el cálculo de la tabla de conclusiones

Tabla 31.

Conclusión Sistema agitación limpieza semilla.

CRITERIO	Fiabilidad			Facilidad de montaje			Ergonomía			Mantenimiento			Costo			Σ	Resultado
Alternativa A	0,33	*	0,30	0,50	*	0,13	0,50	*	0,13	0,50	*	0,13	0,50	*	0,30	0,450	1
Alternativa B	0,33	*	0,30	0,25	*	0,13	0,25	*	0,13	0,25	*	0,13	0,33	*	0,30	0,300	2
Alternativa C	0,33	*	0,30	0,25	*	0,13	0,25	*	0,13	0,25	*	0,13	0,17	*	0,30	0,250	3

Nota: conclusión criterio elaborado por Juan Suntaxi

Determinándose de esta forma como más destacable a la Alternativa A: Eje con agitadores laterales.

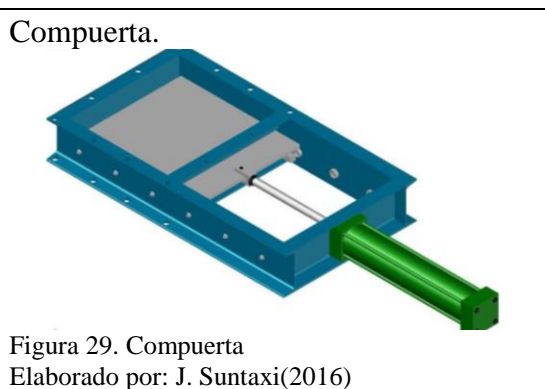
2.5 Sistema extracción semilla limpia.

Posterior al proceso de limpieza se necesita emplear la semilla limpia en el proceso productivo, por lo que es necesario extraerlo de la máquina en cuestión.

A continuación, se detallan las alternativas planteadas para este sistema.

- **Alternativa A.**

Compuerta. _ la apertura en la parte inferior de la máquina sería accionada por un sistema neumático o hidráulico, con la finalidad de extraer la semilla, ver figura 29.



Ventajas:

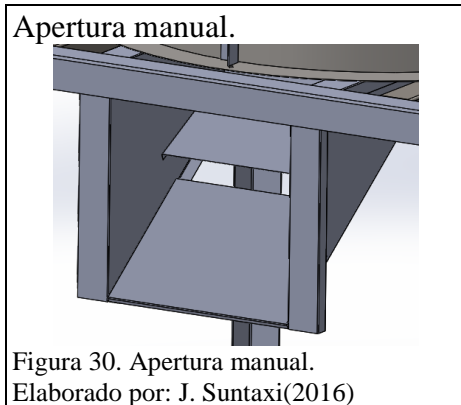
- Menor grado de manipulación del operador.

Desventajas:

- Mayor costo.
- Más número de componentes.
- Complejidad de mantenimiento.
- Mayor grado de manipulación del operador.

- **Alternativa B.**

Apertura manual. _ implicaría el uso de una compuerta manual con su concerniente direccionamiento por medio de una tolva, ver figura 30.



Ventajas:

- Menor costo.
- Menor número de componentes.
- Facilidad de mantenimiento.
- Facilidad de instalación.

Desventajas:

- Mayor grado de manipulación del operador.

Criterios:

Fiabilidad. - permite definir si satisface o no las necesidades del cliente.

Facilidad de construcción. - la disponibilidad de procesos de fabricación para el sistema en cuestión.

Facilidad de montaje. - aptitud de los sistemas para ensamblarse al resto de la máquina.

Ergonomía. - relación hombre-máquina, facilitar las actividades para el operador encargado.

Mantenimiento. - las diversas acciones destinadas a preservar o restaurar el sistema en las condiciones óptimas.

Costo. - relación apropiada entre costo y beneficio.

Tabla 32.

Evaluación peso específico, Sistema extracción semilla limpia.

CRITERIO	Fiabilidad	Facilidad de construcción	Facilidad de montaje	Ergonomía	Mantenimiento	Costo	$\Sigma+1$	Ponderación
Fiabilidad		1	1	0,5	0,5	0,5	4,5	0,23
Facilidad de construcción	0		0,5	0	0,5	0	2	0,10
Facilidad de montaje	0	0,5		0	0,5	0	2	0,10
Ergonomía	0,5	1	1		0,5	0,5	4,5	0,23
Mantenimiento	0	0,5	0,5	0		0,5	2,5	0,13
Costo	0,5	1	1	0,5	0,5		4,5	0,23
SUMA							20	1,00
Fiabilidad = Ergonomía = Costo > Mantenimiento > Facilidad de construcción = Facilidad de montaje								

Nota: evaluación criterio elaborado por Juan Suntaxi

A continuación, la evaluación del peso para cada uno de los criterios.

Tabla 33.

Evaluación fiabilidad.

FIABILIDAD	Alternativa A	Alternativa B	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa A		0,5	1,5	0,50
Alternativa B	0,5		1,5	0,50
SUMA			3	1
Alternativa A=Alternativa B				

Nota: evaluación alternativa elaborado por Juan Suntaxi

Tabla 34.

Evaluación facilidad de construcción.

FACILIDAD DE CONSTRUCCIÓN	Alternativa A	Alternativa B	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa A		1	2	0,67
Alternativa B	0		1	0,33
SUMA			3	1
Alternativa A>Alternativa B				

Nota: evaluación alternativa elaborado por Juan Suntaxi

Tabla 35.

Evaluación facilidad de montaje.

FACILIDAD DE MONTAJE	Alternativa A	Alternativa B	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa A		0,5	1,5	0,50
Alternativa B	0,5		1,5	0,50
SUMA			3	1
Alternativa A = Alternativa B				

Nota: evaluación alternativa elaborado por Juan Suntaxi

Tabla 36.

Evaluación ergonomía.

ERGONOMÍA	Alternativa A	Alternativa B	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa A		1	2	0,67
Alternativa B	0		1	0,33
SUMA			3	1
Alternativa A>Alternativa B				

Nota: evaluación alternativa elaborado por Juan Suntaxi

Tabla 37.

Evaluación mantenimiento.

MANTENIMIENTO	Alternativa A	Alternativa B	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa A		0	1	0,33
Alternativa B	1		2	0,67
SUMA			3	1
Alternativa B>Alternativa A				

Nota: evaluación alternativa elaborado por Juan Suntaxi

Tabla 38.

Evaluación costo.

COSTO	Alternativa A	Alternativa B	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa A		0	1	0,33
Alternativa B	1		2	0,67
SUMA			3	1
Alternativa B>Alternativa A				

Nota: evaluación alternativa elaborado por Juan Suntaxi

Y el cálculo de la tabla de conclusiones:

Tabla 39.

Conclusión Sistema extracción semilla limpia.

CRITERIO	Fiabilidad			Facilidad de construcción			Facilidad de montaje			Ergonomía			Mantenimiento			Costo			Σ	Resultado
Alternativa A	0,50	*	0,23	0,67	*	0,10	0,50	*	0,10	0,67	*	0,23	0,33	*	0,13	0,33	*	0,23	0,496	2
Alternativa B	0,50	*	0,23	0,33	*	0,10	0,50	*	0,10	0,33	*	0,23	0,67	*	0,13	0,67	*	0,23	0,504	1

Nota: conclusión criterio elaborado por Juan Suntaxi

Siendo seleccionada la Alternativa B: Apertura manual.

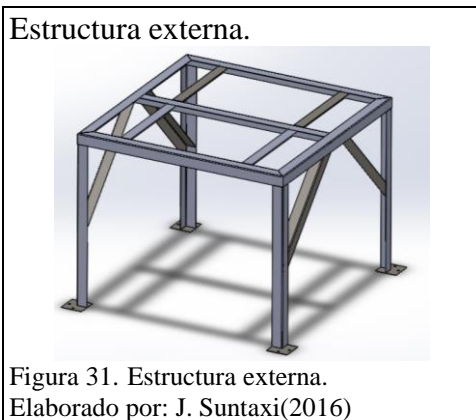
2.6 Sistema estructura.

Es aquella que va a contener a todos los componentes de la máquina.

Para esto se ha determinado las siguientes alternativas.

- **Alternativa A.**

Estructura externa. _ ver figura 31.



Ventajas:

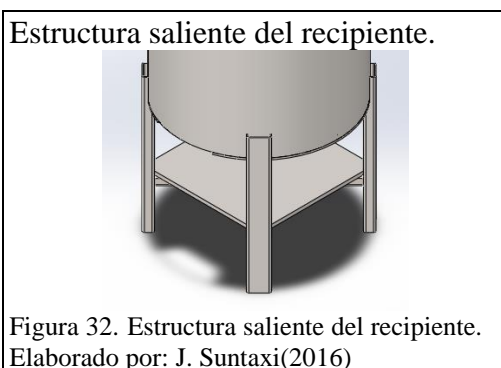
- Gran capacidad de soporte.
- Facilidad de mantenimiento de equipo completo.

Desventajas:

- Mayor costo.
- Mayor dificultad de fabricación.

- **Alternativa B.**

Estructura saliente del recipiente, ver figura 32



Ventajas:

- Facilidad de fabricación.
- Menor costo

Desventajas:

- Limitada capacidad de soporte.
- Dificultad de desmontaje, ya que se convierte en un cuerpo soldado.

Criterios:

Fiabilidad. - permite definir si satisface o no las necesidades del cliente.

Facilidad de construcción. - la disponibilidad de procesos de fabricación para el sistema en cuestión.

Mantenimiento. - las diversas acciones destinadas a preservar o restaurar el sistema en las condiciones óptimas.

Costo. - relación apropiada entre costo y beneficio.

Tabla 40.

Evaluación peso específico, Sistema estructura.

CRITERIO	Fiabilidad	Facilidad de construcción	Mantenimiento	Costo	$\Sigma+1$	Ponderación
Fiabilidad		1	1	0,5	3,5	0,35
Facilidad de construcción	0		0,5	0	1,5	0,15
Mantenimiento	0	0,5		0	1,5	0,15
Costo	0,5	1	1		3,5	0,35
SUMA					10	1,00
<u>Fiabilidad = Costo > Mantenimiento = Facilidad de construcción</u>						

Nota: evaluación alternativa elaborado por Juan Suntaxi

A continuación, la evaluación del peso para cada uno de los criterios.

Tabla 41.

Evaluación fiabilidad.

FIABILIDAD	Alternativa A	Alternativa B	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa A		1	2	0,57
Alternativa B	0,5		1,5	0,43
SUMA			3,5	1
Alternativa A=Alternativa B				

Nota: evaluación alternativa elaborado por Juan Suntaxi

Tabla 42.

Evaluación facilidad de construcción.

FACILIDAD DE CONSTRUCCIÓN	Alternativa A	Alternativa B	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa A		1	2	0,67
Alternativa B	0		1	0,33
SUMA			3	1
Alternativa A>Alternativa B				

Nota: evaluación alternativa elaborado por Juan Suntaxi

Tabla 43.

Evaluación mantenimiento.

MANTENIMIENTO	Alternativa A	Alternativa B	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa A		0,5	1,5	0,50
Alternativa B	0,5		1,5	0,50
SUMA			3	1
Alternativa A=Alternativa B				

Nota: evaluación alternativa elaborado por Juan Suntaxi

Tabla 44.

Evaluación costo.

COSTO	Alternativa A	Alternativa B	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa A		0	1	0,33
Alternativa B	1		2	0,67
SUMA			3	1
Alternativa B>Alternativa A				

Nota: evaluación alternativa elaborado por Juan Suntaxi

Y el cálculo de la tabla de conclusiones:

Tabla 45.

Conclusión sistema estructura.

CRITERIO	Fiabilidad			Facilidad de construcción			Mantenimiento			Costo			Σ	Resultado
Alternativa A	0,57	*	0,35	0,67	*	0,15	0,50	*	0,15	0,33	*	0,35	0,492	2
Alternativa B	0,43	*	0,35	0,33	*	0,15	0,50	*	0,15	0,67	*	0,35	0,508	1

Nota: conclusión criterio elaborado por Juan Suntaxi

Considerando que ambas alternativas tienen una ponderación casi similar, se escoge a la Alternativa A como ganadora: Estructura externa.

2.7 Alternativa final.

En la tabla inferior se adjuntan las alternativas que constan con mayor ponderación para cada uno de los sistemas, mismos que serán desarrollados en el apartado de diseño:

Tabla 46.

Alternativa final.

SISTEMAS	ALTERNATIVA	DESCRIPCIÓN
Ingreso semilla.	A	Tolva.
Extracción impurezas semilla.	B	Válvula de desagüe lateral
Transmisión de potencia.	A	Motor eléctrico, ubicación superior, transmisión por poleas.
Agitación/limpieza semilla.	A	Eje con agitadores laterales.
Extracción semilla limpia.	B	Apertura manual.
Desagüe (agua empleada)	-	Se toma la solución del Sistema extracción impurezas semilla, los sistemas son similares.
Estructura soportante.	B	Estructura externa.

Nota: conclusión de alternativas elaborado por Juan Suntaxi

2.8 Esquema configuración final de la máquina.

(Se anexará la figura en cuanto se haya procedido con el diseño

Vista frontal de la máquina.

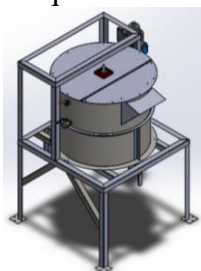


Figura 33. Vista frontal de la máquina.

Elaborado por: J. Suntaxi(2016)

Vista posterior de la máquina.



Figura 34. Vista posterior de la máquina.

Elaborado por: J. Suntaxi(2016)

Capítulo 3

Diseño

3.1 Densidad de la semilla de ajonjolí.

Con la finalidad de cuantificar la densidad de la semilla en estudio se ha realizado medidas de dicho elemento, a continuación, los datos obtenidos:

Tabla 47.

Medidas de la densidad de semilla de ajonjolí

Núm. Muestra	Fecha	Proveedor	Lote	Recipiente	Masa completa (kg)	Masa recipiente (kg)	Masa (kg)	Volumen (l)	Volumen (m3)	Densidad (kg/m3)
1	15/06/2015	Unico	Unico	Rojo	6.6	0.4	6.2	10	0.01	620
2	15/07/2015	Unico	Unico	Rojo	6.6	0.4	6.2	10	0.01	620.0
3	14/08/2015	Unico	Unico	Rojo	6.5	0.4	6.1	10	0.01	610.0
4	15/09/2015	Unico	Unico	Rojo	6.62	0.4	6.18	10	0.01	618.0
5	15/10/2015	Unico	Unico	Rojo	6.55	0.4	6.25	10	0.01	625.0
6	15/06/2015	Unico	Unico	Azul	10	0.569	9.431	16	0.016	589.4
7	15/07/2015	Unico	Unico	Azul	10.07	0.569	9.5	16	0.016	593.8
8	14/08/2015	Unico	Unico	Azul	9.91	0.569	9.32	16	0.016	582.5
9	15/09/2015	Unico	Unico	Azul	10	0.569	9.431	16	0.016	589.4
10	15/10/2015	Unico	Unico	Azul	10	0.569	9.431	16	0.016	589.4
Densidad media										603.8

Nota: muestras de peso elaborado por Juan Suntaxi

Se pueden observar las fotografías del proceso seguido

Medición de la densidad de semilla



Figura 35. Medición de la densidad de semilla
Elaborado por: J. Suntaxi(2016)

Llegándose a la conclusión que la densidad de la semilla empleada para el diseño es de 603,8 kg/m³.

3.2 Justificación dimensional

Volumen total del recipiente.

Con la finalidad de emplear lo más eficientemente posible las dimensiones de cualquier plancha de metal 4 pies x 8 pies (1.22m x 2.44m) se relaciona:

$$p = 2.44m$$

$$p = 2\pi r = 2.44m \quad \text{Ec. 77. Perímetro del círculo}$$

$$r = 0,388m$$

p = perímetro.

r = radio.

Por lo que el diámetro es igual a 0,776m, valor que configurará geométricamente el tanque de la máquina a diseñar.

A razón del objetivo señalado en la presentación de este proyecto de procesamiento de semilla de 100kg/h, se calcula el volumen mínimo requerido para contener la semilla en el recipiente:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad \text{Ec. 78. Densidad}$$

$$V = \frac{m}{\rho}$$

$$V = \frac{100 \text{ kg}}{604,7 \text{ kg/m}^3} = 0,165 \text{ m}^3$$

ρ = densidad

V = volumen

m = masa

Siendo este volumen el resultado de la idealización de un cilindro, misma forma que se le asignará al tanque, puede ser formulado mediante la expresión:

$$V = \pi r^2 h' \quad \text{Ec. 79. Volumen del cilindro}$$

$$h' = \frac{V}{\pi r^2}$$

$$h' = \frac{0,165 \text{ m}^3}{\pi(0,388\text{m}^2)} = 0,35\text{m}$$

h' = altura del tanque

Esta altura h' es el mínimo valor que debe asignarse a la configuración geométrica del tanque.

El requerimiento original es que se procesen 100kg de semilla en una hora, independientemente del número de ciclos de lavado. Con la finalidad de optimizar recursos y tiempo se definen los siguientes parámetros para el diseño:

- Cada ciclo estará en la capacidad de procesar 50kg.
- Cada ciclo completo de lavado no podrá ser superior a los 20min.

Estas consideraciones son justificables en base a evitar un sobredimensionamiento de la máquina e inquirir en costos mayores,

$$h_{sem} = 0,18\text{m}$$

Pero el material ingresado al tanque no solo se compone de la semilla, sino que también debe ser agregada el agua. Actualmente la empresa realiza este proceso manualmente, en donde la relación agua y semilla se mantienen en volúmenes iguales, por lo que esta variante será también considerada en la etapa del diseño, añadiendo también que esta relación evita el maltrato o daño a la semilla durante el proceso de lavado.

De esa forma se determina también que:

$$h_{agua} = 0,18\text{m}$$

Siendo la altura útil para el tanque la sumatoria de los dos volúmenes previamente citados:

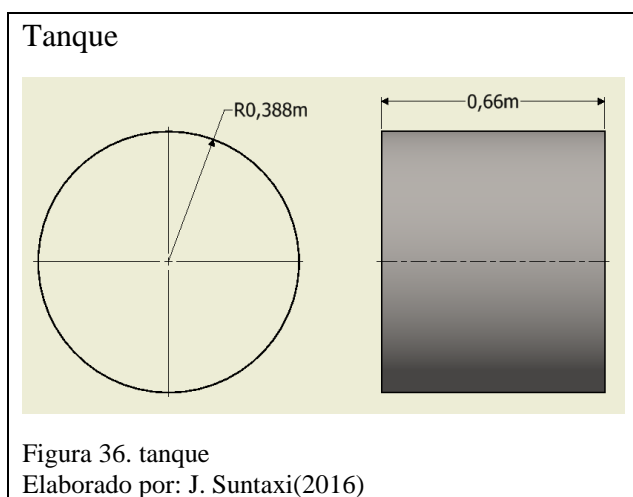
$$h_{\text{útil}} = h_{\text{sem}} + h_{\text{agua}} = 0,36m$$

Este valor corresponde a la altura mínima para contener la mezcla agua y semilla.

A nivel vertical el tanque debe contener un alojamiento de ingreso de la semilla, lugar que será destinado al ensamble de una tolva, misma que tan solo cumplirá su papel de entrada de agua y semilla y no se verá sometida a condiciones de trabajo extremas, por lo que se asigna a este elemento una altura media de 0,3m.

Siendo la configuración geométrica final del tanque:

$$h = 0,66m \text{ y } r = 0,388m$$



3.3 Dimensionamiento de semilla.

El propósito de este apartado es determinar una dimensión media de la semilla de estudio para de esa forma definir las mallas o tamices que deban ser usadas en el diseño propiamente dicho.

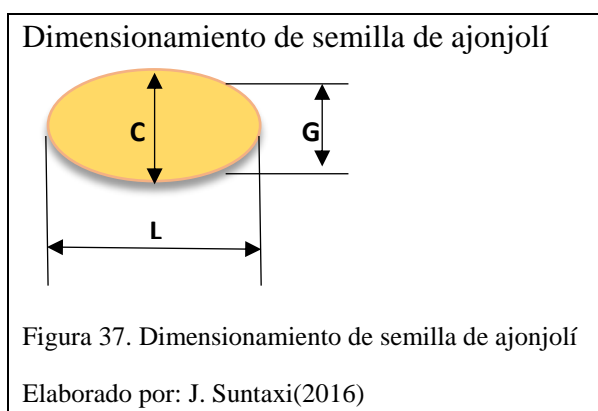
Las medidas a continuación detalladas corresponden a muestras tomadas de distintos lotes y en distintas fechas, con el propósito de garantizar veracidad de la medida media para su uso posterior.

Tabla 48.
Dimensiones semilla ajonjolí

MEDIDAS SEMILLA AJONJOLÍ			
Núm. Muestra	Dimensiones(mm)		
	Largo	Campana	Grosor
1	3,54	1,84	0,96
2	3,34	1,91	0,77
3	3,07	2,02	0,9
4	2,98	1,6	0,96
5	3,32	1,83	1,12
6	3,01	1,81	0,8
7	3,09	1,62	0,79
8	3,34	2,03	0,97
9	3,02	1,96	0,99
10	3,2	2,01	1,02
11	2,91	1,94	0,89
12	3,31	1,99	0,92
13	3,22	2,1	1,04
14	3,05	2,02	1,1
15	2,95	1,84	0,95
16	3,01	1,99	1,1
17	2,92	1,97	1,13
18	3,06	2,02	0,92
19	3,01	1,98	0,97
20	2,96	1,97	0,95
Mínimo(mm)	2,9	1,6	0,8
Máximo(mm)	3,5	2,1	1,1
Medio(mm)	3,1	1,9	1,0

Nota: medidas de ajonjolí elaborado por Juan suntaxi

Siendo las dimensiones tomadas como se ilustra a continuación:



La dimensión más importante a ser considerada es la correspondiente al GROSOR, si bien este valor no corresponde a la máxima medida en cuanto al grosor propiamente

dicho, pero si facilita o no la obstrucción de las semillas en la malla, restringiendo la salida de agua empleada durante el proceso de lavado.

Con el análisis de las dimensiones tomadas se usa el valor medio en cuanto al grosor, 1mm.

La malla a emplearse a más de la restricción geométrica por la semilla, debe también tomar en cuenta las restricciones adversas de funcionamiento, contacto con agua y a exposición permanente al medio ambiente.

En la búsqueda de proveedores para esta malla se ha encontrado una, REPER METAL, con las siguientes características, la cual ha sido seleccionada para su aplicación en el proyecto:

Tabla 49.
Dimensiones de la malla

Mesh (#)	Espesor(mm)	Abertura(mm)	Material
20	0,44mm	0,87	Acero inoxidable

Nota: malla elaborado por Juan Suntaxi

Dimensiones de malla



Figura 38. Dimensiones de malla

Elaborado por: J. Suntaxi(2016)

3.4 Potencia requerida.

El funcionamiento de la máquina implica que esta sea capaz de mover la mezcla semilla/agua, por lo que requiere vencer un torque.

A continuación, se plantea una expresión matemática que satisface los requerimientos de movimiento de la mezcla, con el fin de poder emplear dicha

relación, encontrar el torque real y por consiguiente la potencia requerida para esta máquina.

$$T = Fd$$

$$T = Fr$$

Ec. 80. Torque

$$dT = dF$$

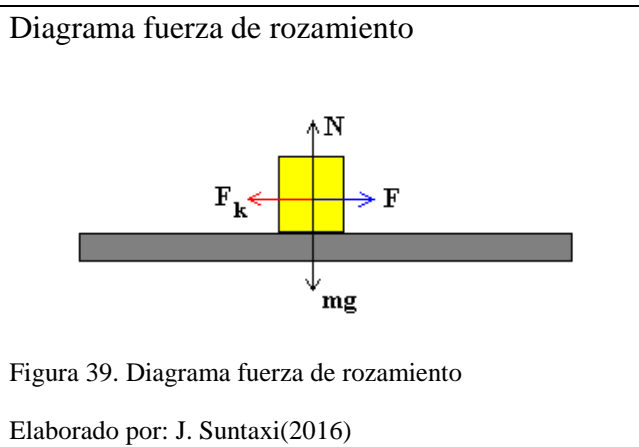
$$dT = rdF$$

T = torque

F = fuerza

r = distancia centro a acción de fuerza

Pero la fuerza a vencer depende directamente de la masa implicada (semilla/agua).



$$F = \mu N$$

Ec. 81. Fuerza de rozamiento

$$N = W = mg$$

Ec. 82. Normal

Al reemplazar la expresión de F en dT se obtiene:

$$dT = rd(\mu N)$$

$$dT = rd(\mu mg)$$

$$dT = rd(\mu mg)$$

$$dT = r\mu gdm$$

u = coeficiente de rozamiento estático

m = masa mezcla agua semilla

g = gravedad

N = normal

W = peso

La masa arrastrada durante la limpieza es:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$m = \rho V$$

$$dm = d\rho V$$

$$dm = \rho dV$$

En base a la geometría del tanque:

$$V = Ah$$

Ec. 83. Volumen de cilindro

$$V = \pi r^2 h$$

$$dV = d(\pi r^2 h)$$

$$dV = \pi h 2r dr$$

Al usar la expresión dV en la expresión dm se deduce:

$$dm = \rho \pi h 2r dr$$

Esta expresión usada en la derivada del torque

$$dT = r \mu g \rho \pi h 2r dr$$

$$dT = 2r^2 \mu g \rho \pi h dr$$

Al evaluar:

$$\int_0^T dT = \int_0^R 2r^2 \mu g \rho \pi h dr$$

Se concluye

$$T = \frac{2}{3} \mu g \rho \pi h R^3$$

Al conocer la expresión que determina el torque a ser vencido, se proceden a determinar los valores para cada uno de los ítems:

El coeficiente de fricción de la semilla para el acero está en valor promedio de 0,41, pero como la semilla se encuentra mezclada con agua, el agua actúa como un lubricante produciendo una reducción de su coeficiente de rozamiento, para nuestro estudio se estima que se reduce a la mitad, conforme el procedimiento se debe abrir el paso de agua antes de encender el motor.

$$\mu = 0,207 \text{ (Universidad Nacional de Colombia, 2001, pág. 80)}$$

Coeficiente de fricción de semillas

PRODUCTO	Contenido Humedad (%bh)	COEFICIENTE DE FRICCIÓN ESTÁTICO			REF.
		ACERO	CONCRETO	MADERA	
Trigo	11.2		0.52	0.31	
	13.0		0.52	0.31	
	14.1	0.43			
	15.0		0.55	0.47	
	15.7	0.44	0.68	0.48	
Arroz	12.0	0.40	0.45	0.40	
Paddy	16.0	0.50	0.60	0.45	
Café trillado	12.0	0.17		0.31	1
Cacao	12.8	0.11		0.12	
	18.0	0.16		0.20	1
	24.6	0.20		0.27	
Ajonjolí	6.1		0.51	0.47	
	10.5		0.52	0.45	1

Figura 40. Coeficiente de fricción de semillas
Fuente: Universidad Nacional de Colombia, 2001, pág. 80

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$\rho = \frac{\rho_{\text{agua}} + \rho_{\text{semil}}}{2}$$

$$\rho = \frac{1000 + 604,7}{2}$$

$$\rho = 802,3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} (\text{agua y semilla})$$

$$h = 0,35m \text{ (agua y semilla)}$$

$$R = 0,388m$$

Reemplazar:

$$T = \frac{2}{3} (0,207) (9,8 \frac{m}{s^2}) (802,3 \frac{kg}{m^3}) \pi (0,35m) (0,388m)^3$$

$$T = 69,79 Nm$$

Donde la potencia por definición es:

$$P = Tw$$

w = velocidad angular

En base a máquinas existentes en el mercado se tienen premisas en cuanto a la velocidad angular a la que pudiera girar el eje motriz, generalmente usan 600rpm (Machinery, 2015). Siendo la velocidad de giro del eje motriz la que afecte directamente el estado final de la semilla, constituyéndose como objetivo primordial. Atendiendo también a que son diversas tecnologías y dando prioridad a la integridad física de la semilla, se define finalmente como velocidad angular los 100 rpm (10,47rad/s), pudiendo este valor ser sujeto de revisión durante los ensayos iniciales de la máquina.

$$P' = (69,79 Nm)(10,47rad/s)$$

$$P' = 730,78 W = 0,98hp$$

La transmisión de potencia del motor al eje motriz se hará mediante el uso de poleas/bandas, mecanismo que presenta un factor de rendimiento de 0,95 (Larburu, 2001, p. 318), por lo que:

$$\frac{0,98 hp}{0,95} = \frac{X hp}{1}$$

$$X = 1,03 hp$$

Al continuar con el cálculo de la potencia es necesario hacer referencia al llamado factor de servicio, mismo que identifica la sobrecarga continua que un motor de una potencia dada puede soportar con seguridad. (Harper, 2005, p. 220)

En base a la información provista por uno de los proveedores de motores más conocidos, SIEMENS, se tomará como base un factor de 1.15, siendo la potencia máxima entregada por el motor eléctrico de 1hp:

$$P = 1,15P = 1,2 \text{ hp}$$

La máquina podrá usar un motor de 1 hp, ya que este sobrepasa la potencia requerida por la máquina de 0,98 hp.

3.5 Transmisión de potencia.

La potencia a ser considerada para el diseño será 1 hp independientemente si se compra un motor eléctrico de una mayor potencia, ya que el sistema en sí solo consumiría dicha potencia.

Los elementos constitutivos de este sistema corresponderán a formatos y dimensiones comerciales, por lo que para este caso se empleará información obtenida del catálogo SKF.

En base a la información suministrada por SKF, la velocidad provista por el motor 200rpm y la velocidad requerida por la máquina 100 rpm se puede obtener la medida del diámetro para ser empleado en el eje motriz.

$$n_1 d_1 = n_2 d_2 \quad \text{Ec. 84. Diámetro eje motriz}$$

Donde:

n1: rpm de motor = 200 rpm

d1: diámetro primitivo polea motor = 95 mm

n2: rpm de eje motriz = 100 rpm

d2: diámetro primitivo polea eje motriz = desconocido

$$d_2 = \frac{n_1 d_1}{n_2}$$

$$d_2 = \frac{(200rpm)(95mm)}{(100rpm)} = 190mm$$

Constituyéndose de esa manera los siguientes elementos seleccionados

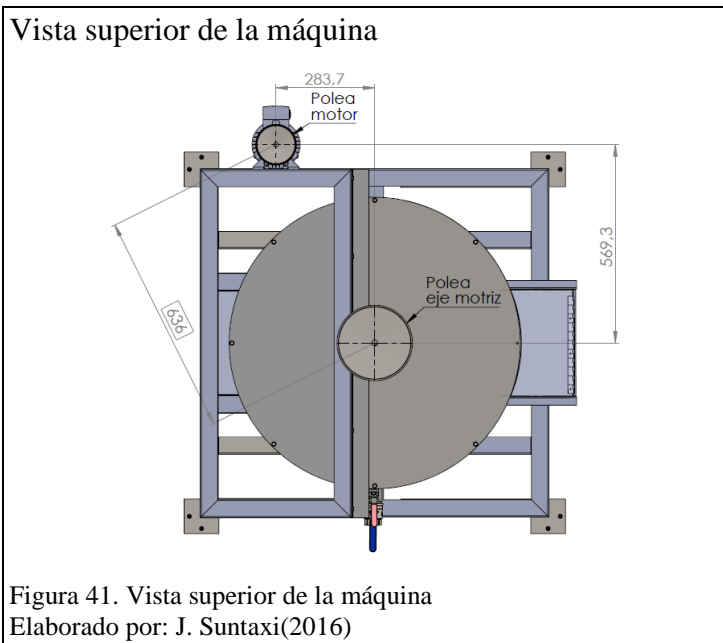
Tabla 50.

Diámetro de poleas

Nombre	Polea motor	Polea eje motriz
Tipo de sección	SPA	SPA
Número canales	1	1
Diámetro primitivo (mm)	95	190
Diámetro exterior (mm)	100,5	195,5
Agujero mín (mm)	11	14
Agujero máx (mm)	32	42
Ancho (mm)	20	20
Masa (kg)	0,9	2,7
Designación SKF	PHP 1SPA95TB	PHP 1SPA190TB

Nota: (SKF, 2014, p. 245)

Por lo que geoméricamente quedaría configurado de acuerdo a la figura inferior:



A continuación, se detalla el procedimiento de cálculo de longitud de paso, L_p , de la banda con el uso de la ec.35.

$$L_p = 2C + 1.57(D+d) + \frac{(D-d)^2}{4C} \quad \text{Ec. 85. Longitud de la banda}$$

C: distancia entre eje = 0,636m

D: diámetro polea eje motriz = 0,190m.

d: diámetro polea motor = 0,095m.

$$L_p = 2(0,636m) + 1.57(0,190m + 0,095m) + \frac{(0,190m - 0,095)^2}{4(0,636m)}$$

$$L_p = 1,272m + 0,447m + 0,0035m$$

$$L_p = 1,722m$$

Este valor debiendo ser comparado con la tabla 17.4 del libro de shigley.

Sección transversal: A.

Intervalo de tamaño, pulg: 26 a 128 pulg: 1,722m=68pulg

Por lo que = Aumento de longitud: 1,3 pulg = 0,033m

Siendo la longitud de paso final L:

$$L = L_p + 0,033m$$

$$L = 1,722m + 0,033m$$

$$L = 1,755m$$

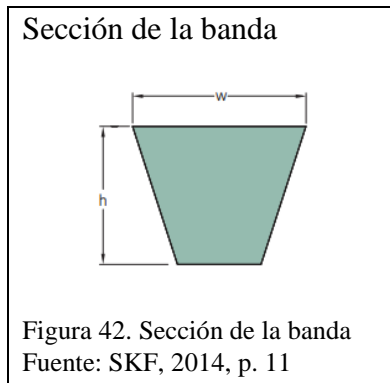
Al usar el documento SKF, sección bandas (SKF, 2014, p. 11) se denota que el producto más cercano a los datos calculados es:

Tabla 51.

Dimensión de la banda

Nombre	Correa
Sección	SPA
Longitud primitiva (m)	1,757
w (m)	0,0127
h (m)	0,01
Designación SKF	PHG SPA1757

Nota: SKF, 2014, p. 11



Se continúa con la determinación de la potencia nominal mediante la ec.38.

$$H = \left[C_1 - \frac{C_2}{d} - C_3(rd)^2 - C_4 \log(rd) \right] rd + C_2 r \left(1 - \frac{1}{K_A} \right)$$

Donde C1, C2, C3, C4, son las constantes para emplear en la ecuación de la potencia nominal de transmisiones de banda, estos pueden ser despejados de la Tabla 17.5. (Shigley J. , 1990, p. 809). Al ingresar a dicha tabla con el tipo de sección transversal A se tiene:

$$C_1 = 0,8542$$

$$C_2 = 1,342$$

$$C_3 = 2,436(10)^{-4}$$

$$C_4 = 0,1703$$

Donde K_A se despeja de la Tabla 17.6 (Shigley J. , 1990, p. 810), ingresando la relación D/d (190/95=2) se tiene:

$$K_A = 1,1106$$

Al reemplazar dichos valores en la ecuación correspondiente, incluidos r: máx rpm = 200/1000rpm, d: diámetro menor=95mm=3,74pulg:

$$H = \left[0,8542 - \frac{1,342}{3,74} - (2,436(10^{-4}))(0,6 \times 3,74)^2 - 0,1703 \log(0,6 \times 3,74) \right] 0,6 \times 3,74 + 1,342(0,2) \left(1 - \frac{1}{1,1106} \right)$$

$$H = [0,8542 - 0,358 - 0,00122 - 0,059]2,24 + 0,026$$

$$H = 0,976 + 0,026$$

$$H = 1,0025hp$$

Pero el valor calculado corresponde a una configuración geométrica de 180 grados, por lo que es necesario usar la ec. 39 y obtener la potencia nominal correcta.

$$H_r^1 = K_1 K_2 H_r$$

De la figura empleada en la teoría de transmisión de bandas de la sección de teoría se tiene:

$$\theta = 180 - 2\text{sen}^{-1} \frac{D - d}{2C}$$

$$\theta = 180 - 2\text{sen}^{-1} \frac{(190 - 95)mm}{2(636mm)}$$

$$\theta = 171^\circ$$

Ya con el ángulo de contacto calculado se puede obtener de la figura 17.4 (Shigley J. , 1990, p. 810) el factor de corrección K1 para ángulos de contacto hasta de 180.

Ingresando con el valor del ángulo de contacto y con la premisa de que es una transmisión de V a V, se tiene que K1 = 0,97.

Considerando también que la longitud de la banda es de 1755mm=69pulgadas y que la sección a emplear es A se puede ingresar a la tabla 17.7 (Shigley J. , 1990, p. 811) obteniendo de esa manera una K2=1.

Al reemplazar dichos valores se tiene:

$$H_r^1 = (0,97)(1)(1,0025hp)$$

$$H_r^1 = 0,973hp$$

Este valor calculado es igual al valor original de diseño Hd (0,98hp) por lo que el número de bandas necesarias serán igual a:

$$\# = \frac{H_d}{H_r^1}$$

$$\# = \frac{0,98hp}{0,973hp}$$

$$\# = 1,007$$

Razón por la que se determina que es suficiente 1 sola banda con las dimensiones de las poleas relacionadas.

3.6 Motor eléctrico.

En base al mercado local y a la disposición de motores eléctricos se ha decidido comprar el siguiente elemento (SIEMENS, 2014, p. 28).

Tabla 52.

Características de motor eléctrico

Marca	SIEMENS
Designación	1LA7 070 4YA60
Tipo	Trifásico
Potencia	1 hp
Factor de servicio	1,15
Grado de protección	IP55
RPM	1800
Voltaje	220V
Tamaño	71M
Masa	5,5 kg

Nota: SIEMENS, 2014

La velocidad final será obtenida mediante un variador de frecuencia. A continuación, se detallan las dimensiones del equipo (SIEMENS, 2014, p. 30):

Dimensiones del motor eléctrico

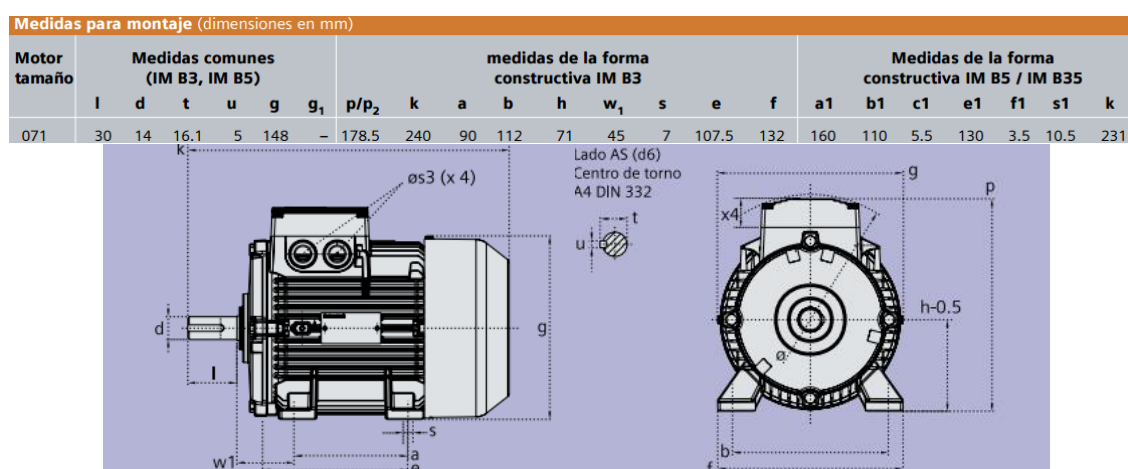


Figura 43. Dimensiones del motor eléctrico

Fuente: SIEMENS, 2014

3.7 Eje motriz.

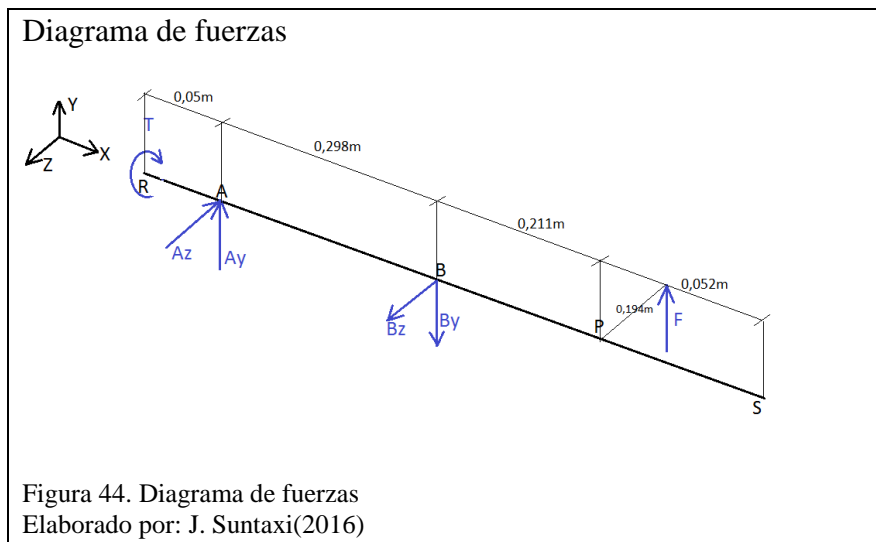
De acuerdo al mercado local se ha seleccionado una potencia equivalente a 0.745kW y con el afán de considerar situaciones extremas, en la que la potencia entregada por el motor sea completamente dirigida hacia el eje motriz.

$$P = Tw$$

$$T = \frac{P}{w} = \frac{745W}{10.47 \text{ rad/s}} = 71,15Nm$$

Determinándose así el torque máximo que actuará sobre dicho eje.

A continuación, se indica la configuración del eje, DCL.



Donde:

T = torque

F = Fuerza paletas

Az, Ay = Reacción cojinete A.

By, Bz = Reacción cojinete B.

La fuerza a ser vencida por las paletas ubicadas en la parte inferior del eje motriz se determina de la siguiente manera:

Se obtiene inicialmente la masa ocupada por el agua, donde el volumen corresponde al mismo volumen ocupado por la semilla, pero con la variable de que esta tiene una masa propia debido a la densidad.

$$V_{agua} = 0,0825m^3$$

$$m_{agua} = \rho V = \frac{1000kg}{m^3(0,0825m^3)} = 82,5 kg$$

Pero la masa actuante, m, no solo se compone del agua sino también de la semilla:

$$m = m_{semilla} + m_{agua} = 35 + 82,5 = 117,5kg$$

Así:

$$F = \mu mg = (0,207)(117,5kg) \left(9,8 \frac{m}{s^2}\right) = 238,3N.$$

Al tomar en cuenta que el coeficiente de rozamiento asumido entre el acero y la mezcla semilla/agua no es un valor exacto, ya que puede variar dependiendo la cantidad de agua, para dicho caso, se considera como fuerza total.

$$F = 250N.$$

$$\uparrow + \sum M_x = 0$$

$$T - F(0,194m) = 0$$

$$F = 88,6N$$

La fuerza calculada es superior incluso a la fuerza calculada a ser arrastrada.

$$\sum F_y = 0$$

$$F - B_y + A_y = 0$$

$$A_y = B_y - 88,6$$

$$\uparrow + \sum M_y = 0, punto R.$$

$$A_z(0,05) - B_z(0,348) = 0$$

$$0,05A_z - 0,303B_z = 0$$

$$\sum F_z = 0$$

$$-A_z + B_z = 0$$

$$A_z = B_z$$

Por lo tanto A_z y B_z son 0.

$$\uparrow + \sum M_z = 0, \text{ punto } R.$$

$$A_y(0,05) - B_y(0,348) + F(0,559) = 0$$

$$0,05A_y - 0,348B_y + 49,52 = 0$$

Al reemplazar el valor de A_y

$$0,05(B_y - 88,6) - 0,348B_y + 49,52 = 0$$

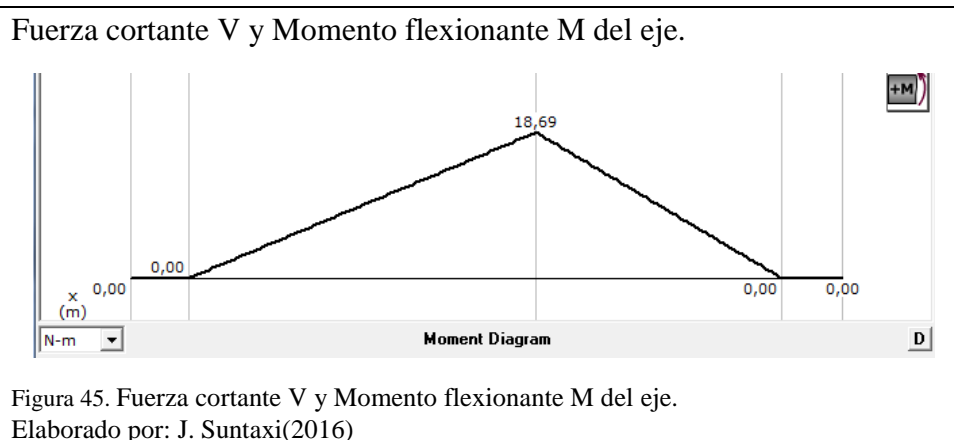
$$B_y = 151,3N$$

Por lo que:

$$A_y = 62,7N$$

3.7.1 Diagramas de momentos y fuerzas cortantes.

V y M respecto al eje Z.



Concluyéndose que:

- $M = 18,7 \text{ Nm}$
- $T = 17,19 \text{ Nm}$

3.8 Diseño estático

El desarrollo corresponde al indicado en el capítulo del marco teórico descrito en este proyecto. (Shigley J. , 1990)

$$\sigma_{A,B} = \frac{16}{\pi d^3} \left(18,7 \pm \sqrt{(18,7)^2 + (17,19)^2} \right), \quad \text{Ec 7.}$$

$$\sigma_A = \frac{224,6}{d^3} \text{ N/m}^2$$

$$\sigma_B = -\frac{34,12}{d^3} \text{ N/m}^2$$

En base a que el tanque va a contener producto de consumo humano se empleará un acero inoxidable que pueda ser localizado comercialmente.

Donde el Acero AISI 304 con un $S_y=225\text{MPa}$ y $S_{ut}=517\text{MPa}$. (DIPAC, 2015)

Donde el esfuerzo admisible:

$$S_A = \frac{225(10^6)\text{Pa}}{\sqrt{1 + \left(\frac{\frac{34,12}{d^3}}{\frac{224,6}{d^3}} \right) + \left(\frac{\frac{34,12}{d^3}}{\frac{224,6}{d^3}} \right)^2}}, \quad \text{Ec 8.}$$

$$S_A = 241(10^6) \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

El factor de seguridad es la relación entre la tensión límite y la máxima admisible de un cuerpo sometido a la acción de fuerzas externas, por lo que:

$$n = \frac{S_A}{\sigma_1}, \quad \text{Ec 9.}$$

$$n = \frac{241(10^6) \frac{\text{N}}{\text{m}^2}}{\frac{224,6}{d^3} \text{ N/m}^2}$$

si $n \geq 2$ (Larburu, 2001, pág. 187), indica que debe ser superior a 1,5

Al despejar d

$$d = 0,0123\text{m}$$

3.9 Diseño dinámico

Para empezar el proceso de diseño se asume un valor superior al calculado de forma estática, siendo el valor elegido un diámetro de 15mm.

Todas las ecuaciones a continuación empleadas corresponden al desarrollo del marco teórico de este proyecto.

De la ecuación 1 y 2.

$$\sigma_x = \frac{32(18,7Nm)}{\pi(0,015m)^3}$$

$$\sigma_x = 56,4 MPa$$

$$\tau_{xy} = \frac{16(17,19Nm)}{\pi(0,015m)^3}$$

$$\tau_{xy} = 25,9MPa$$

De la ecuación 15 y 16.

$$\sigma_{xa} = \frac{\sigma_x}{2} = 28,2MPa$$

$$\tau_{xym} = \frac{\tau_{xy}}{2} = 12,97MPa$$

Ecuación 17.

$$\sigma'_a = \sqrt{(28,2MPa)^2 + 3(12,97MPa)^2}$$

$$\sigma'_a = 36,05MPa$$

$$\sigma'_m = \sqrt{3}\tau_{xym} = 22.46MPa$$

Al aplicar la ecuación 20

$$S_e = S'_e k_a k_b k_c k_d k_e k_f$$

Ecuación 18

$$S'_e = 0.5S_{ut} = 258.5MPa$$

Se procede a definir todos los factores:

- $k_a = 0,8$ ($S_{ut}=75kpsi$, maquinado), Figura 2.
- $k_b = 0,92$, Ecuación 21.
- $k_c = 1$ (confiabilidad 50%), Tabla 1.
- $k_d = 1$ ($T<450C$), Ecuación 22.
- k_e primero encuentra k_t .

Se usa la tabla A26, Diagramas para factores teóricos de concentración de esfuerzos. (Shigley J. , 1990, pág. 886)

$$\frac{d}{D} = \frac{0,003m}{0,015m} = 0,2, \quad d = \text{perforacion para pasador.}$$

$$k_t = 3$$

$$q = 0,75 \quad (r = 0,003m, S_{ut} = 75kpsi)$$

Ecuación 25.

$$K_f = 1 + 0,75(3 - 1) = 2,5$$

Ecuación 23.

$$k_e = 0,4$$

Al reemplazar se obtiene:

$$S_e = (258.5MPa)(0,8)(0,92)(1)(1)(0,4)(2,5) = 190,29MPa$$

En base a la ecuación 28, línea de Goodman modificada se calcula el factor de diseño S_m

$$S_m = \frac{190,29MPa}{\frac{36,05MPa}{22.46MPa} + \frac{190,29MPa}{517MPa}} = 96,44MPa$$

Al hacer referencia al factor de seguridad (Shigley J. , 1990, págs. 11,12) donde menciona que cuando el esfuerzo se hace igual a la resistencia ($n=1$), no habrá ya ninguna seguridad en absoluto. La resistencia de un elemento es una cantidad que varía estadísticamente y el esfuerzo también es variable, por este motivo un factor de seguridad $n>1$ no excluye la falla o ruptura, razón por la que se determinó

inicialmente un diámetro de forma estática con un factor de seguridad $n=2$, mismo dato de diámetro que posteriormente fue tabulado de forma dinámica, arrojando un valor superior $n>2$, por lo que en base a su concepción se acepta el valor.

$$n = \frac{S_m}{\sigma'_m} = \frac{96,44MPa}{22.46MPa} = 4,2$$

Al analizar los factores de seguridad tanto para condiciones estáticas y dinámicas se puede concluir que el diámetro asumido de 15mm es aceptable.

3.10 Rodamiento superior.

Al considerar una configuración geométrica del eje que implica algunas secciones transversales de distintos diámetros se va a analizar independientemente.

De acuerdo a las reacciones calculadas se tiene que en el punto A es 62,7N.

De la ecuación 30.

- $F=62,7N$.
- $L_R= 3000h$, siendo el valor recomendado por la técnica de selección.
- $L_D=30000h$, valor de diseño para vida.
- $n_D=100rpm$, velocidad máxima para diseño.
- $n_R=500rpm$, velocidad recomendado por la técnica de selección.
- $a=3$ para cojinetes de bolas.

$$C_R = (62,7N) \left[\left(\frac{30000}{3000} \right) \left(\frac{100}{500} \right) \right]^{1/3}$$

$$C_R = 170,1N$$

De la tabla 11-3 de Shigley y con el diámetro de 20mm se tienen:

- $DI=20mm$
- $DE=47mm$
- $Ancho=14mm$
- Capacidad de carga=9,43kN

En cuanto a la selección de un rodamiento del catálogo FAG y al usar la ecuación 31 del marco teórico:

$f_L=2.5$ Maquinaria en general. (FAG, FAG, 2015, pág. 263).

$f_n=0.693$, con la velocidad inferior de la tabla de 10rpm. (FAG, FAG, 2015, pág. 264)

$f_H=1$, temperatura de servicio de hasta 120C. (FAG, FAG, 2015, pág. 249)

$P=62,7N$

$$C = \frac{2.5}{0,693(1)} 62.7N$$

$$C = 226.2N = 23.1kg$$

Del catálogo FAG se selecciona un rodamiento que cumple las especificaciones:

- $d=20mm$
- $D=42mm$
- $B=12mm$
- Carga dinámica=735kg
- Carga estática=455kg
- Rodamiento en ejecución normal 6004.

3.11 Rodamiento inferior.

De acuerdo a las reacciones calculadas se tiene que en el punto B es 151.3N.

De la ecuación 30.

- $F=151.3N$.
- $L_R= 3000h$, siendo el valor recomendado por la técnica de selección.
- $L_D=30000h$, valor de diseño para vida.
- $n_D=100rpm$, velocidad máxima para diseño.
- $n_R=500rpm$, velocidad recomendado por la técnica de selección.
- $a=3$ para cojinetes de bolas.

$$C_R = (151.3N) \left[\left(\frac{30000}{3000} \right) \left(\frac{100}{500} \right) \right]^{1/3}$$

$$C_R = 410.69N$$

De la tabla 11-3 de Shigley y con el diámetro de 20mm se tienen:

- $DI=17\text{mm}$
- $DE=40\text{mm}$
- $\text{Ancho}=12\text{mm}$
- $\text{Capacidad de carga}=9,43\text{kN}$

En cuanto a la selección de un rodamiento del catálogo FAG, ecuación 31.

$f_L=2.5$ Maquinaria en general. (FAG, FAG, 2015, pág. 263)

$f_n=0.693$, con la velocidad inferior de la tabla de 10rpm. (FAG, FAG, 2015, pág. 264)

$f_H=1$, temperatura de servicio de hasta 120C. (FAG, FAG, 2015, pág. 249)

$P=151.3\text{N}$

$$C = \frac{2.5}{0,693(1)} 151.3\text{N}$$

$$C = 545.8\text{N} = 55.69\text{kg}$$

Del catálogo FAG se selecciona un rodamiento que cumple estas especificaciones:

- $d=17\text{mm}$
- $D=35\text{mm}$
- $B=10\text{mm}$
- $\text{Carga dinámica}=473\text{kg}$
- $\text{Carga estática}=285\text{kg}$
- Rodamiento en ejecución normal 6003.

3.12 Pernos chumaceras, juntas empernadas.

En base a la configuración del DCL y la obtención de los resultados se observa que solo existen reacciones en y, por lo que los pernos podrán fallar solo a corte.

- $A = 62.7N$
- $B = 151.3N$

Esta carga será soportada por 2 pernos (corresponde a la configuración más simple de una chumacera de piso).

$$F = \frac{151.3N}{2} = 75.65N$$

3.12 Tensión simple.

En base a la tabla 8.5 del libro de Shigley, y al considerar que en el mercado local es común encontrar pernos GRADO SAE 1,2,4 :

- Resistencia a la tensión $S_{ut}=60\text{kpsi}=413.6\text{MPa}$
- Resistencia a la prueba $S_p=33\text{kpsi}=227.5\text{MPa}$
- Resistencia a la fluencia $S_y=36\text{kpsi}=248.2\text{MPa}$

La geometría física del perno según la tabla 8.1 y en base a la perforación presente en las chumaceras de 10mm.

- $d=6\text{mm}$ (perno)
- $A_t=20,1\text{mm}^2$

Las constantes de rigidez del perno y de los elementos responden a la ecuación 47, donde las constantes de rigidez responden a las ecuaciones 48 y 49.

E = Módulo de elasticidad del perno. 2×10^{11} [Pa]

d = Diámetro del perno. 0.006[m]

l = Longitud del perno. 0.050[m]

$$k_b = \frac{\pi(0,006\text{m})^2(2 \times 10^{11}\text{Pa})}{4(0,05\text{m})}$$

$$k_b = 113\text{MN/m}$$

E = Módulo de elasticidad de la chumacera, fundición. 10.2×10^{10} [Pa]

$$k_m = \frac{\pi(10.2 \times 10^{10})(0.006)}{2 \ln \left[5 \frac{((0.05) + 0.5(0.006))}{((0.05) + 2.5(0.006))} \right]}$$

$$k_m = 686 \text{ MN/m}$$

Por lo que al usar en la ecuación 47,

$$C = \frac{113 \text{ MN/m}}{1113 \text{ MN/m} + 686 \text{ MN/m}}$$

$$C = 0,14$$

Donde la precarga en base a la ecuación 50 con la ecuación 51,

$$F_p = (20,1 \text{ mm}^2)(225 \text{ MPa})/(1000 \text{ mm})^2$$

$$F_p = 4572.7 \text{ N}$$

$$0.6(4572.7 \text{ N}) \leq F_i \leq 0.9(4572.7 \text{ N})$$

$$2743.6 \text{ N} \leq F_i \leq 4115.43 \text{ N}$$

Para cálculos 4115.43N.

Con un factor de seguridad n la relación del intervalo puede expresarse en base a la ecuación 52.

$$n = \frac{((20.1 \text{ mm}^2/1000^2)(248.2 \times 10^6 \text{ Pa}) - 4115,3 \text{ N})}{0.14(75.65 \text{ N})}$$

$$n = 82$$

La junta analizada presenta un factor de seguridad muy alto, por lo que es aprobada esta consideración.

3.13 Corte puro.

De la consideración de tensión simple se tiene la fuerza de 75.65N.

$$d_r = d - p$$

$$d_r = 6mm - 1mm$$

$$d_r = 5mm$$

Al calcular el área expuesta al corte

$$A = (\text{perímetro perno})(\text{altura tuerca})$$

$$A = 2\pi r f$$

$$A = \pi d f$$

$$A = \pi(0,005m)(0,006m)$$

$$A = 9,42 \times 10^{-5} m^2$$

Al emplear la ecuación 53.

$$\tau = \frac{75.65N}{9,42 \times 10^{-5} m^2}$$

$$\tau = 802.6 \times 10^3 Pa$$

En donde el factor de seguridad se obtiene aplicado la ecuación 55.

$$n = \frac{0.577(248.2MPa)}{802.6 \times 10^3 Pa}$$

$$n = 178$$

En referencia a los citado en cuanto al factor de seguridad (Shigley J. , 1990, p. 404) en su sección de diseño de tornillos, sujetadores y uniones, indica que si se elige un factor de seguridad $n=1,5$, se tendrán en cuenta aproximadamente tres desviaciones estándar de los valores de la precarga, por consiguiente, en general elíjase un factor de seguridad $n>1.5$ dependiendo de las consideraciones de diseño. Y en relación a que se eligieron pernos de características comerciales y donde las cargas a soportar son relativamente bajas se tiene que:

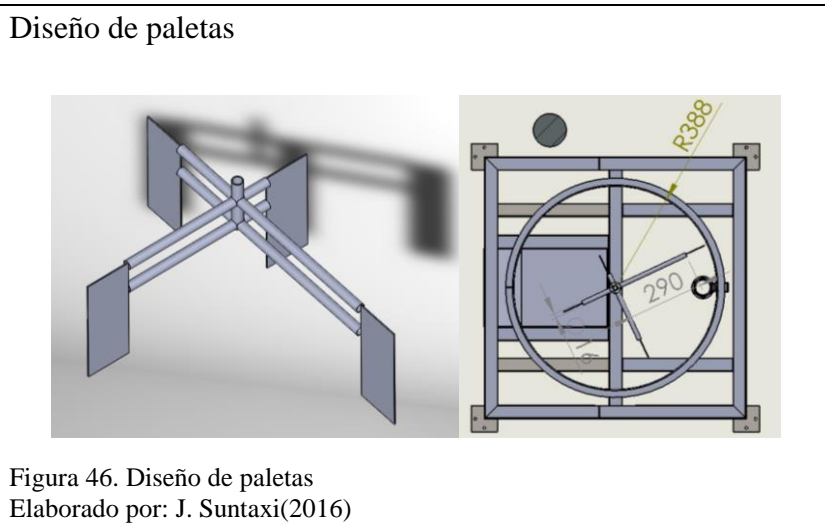
- Diámetro 6mm
- Longitud 50mm

- Dureza Grado SAE1
- 2 unidades por chumacera.

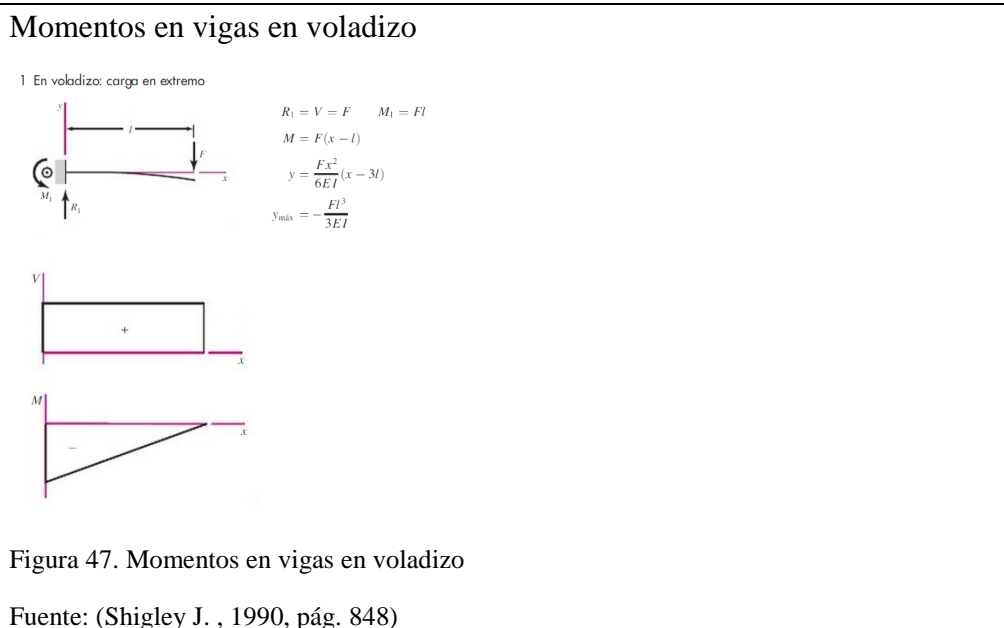
3.14 Diseño paletas.

De acuerdo a la configuración dada en cuanto a las paletas agitadoras se determina la resistencia de los brazos soporte, par esto se presenta el brazo más largo con el fin de determinar si la fuerza a vencer es soportada por el elemento en cuestión.

Se indica la configuración brindada, así como las dimensiones a ser consideradas.



Se considerará cada uno de estos brazos de 0,29m en cantiléver con una carga en el extremo.



La fuerza arrastrada es proporcional al volumen arrastrado por la sección de la placa.

$$A_t = \pi r^2 \text{ área total del fondo tanque}$$

$$A_t = \pi(0,388m)^2 = 0,47m^2$$

$$A_p = \pi r_p^2 \text{ área cubierta por el brazo de } 0,29m$$

$$A_p = \pi(0,290m)^2 = 0,264m^2$$

Por lo que el área a considerar que va a arrastrar el brazo más largo corresponde a la resta de las áreas anteriormente citadas.

$$A = 0,206m^2, \text{equivalente al } 43.82\% \text{ del área total del fondo}$$

Esto equivale a que del total de la fuerza de 50N para mover toda la mezcla semilla agua, el 43% corresponde a la fuerza que debe soportar el brazo más largo, por lo que:

$$F = 22N$$

Al calcular las fuerzas cortantes y momento flexionantes.

$$R = V = F = 22N$$

$$M_1 = -Fl = -22N(0,290m) = 6.38Nm$$

En base al comportamiento explicado para secciones vacías del prontuario de Larburu pág. 13, se tiene que:

$$W_t = 0,1963 \left(\frac{D^4 - d^4}{D} \right)$$

D = diámetro externo del brazo

d = diámetro interno del brazo

$$W_t = 0,1963 \left(\frac{(0,0159m)^4 - (0,0137m)^4}{0,0159m} \right)$$

$$W_t = 3.54 \times 10^{-7} m^3$$

Al aplicar el criterio de esfuerzo (Larburu, 2001, pág. 129).

$$\sigma = \frac{M}{W}$$

$$\sigma = \frac{6.38Nm}{3.54 \times 10^{-7} m^3}$$

$$\sigma = 18MPa$$

En base al factor de seguridad se tiene que:

$$n = \frac{S_y}{\sigma}$$

$$n = \frac{235MPa}{18MPa}$$

$$n = 13$$

Al emplear el mismo criterio de factor de seguridad usado para el diseño del eje se acepta este valor.

Al considerar que el brazo más largo es capaz de arrastrar la masa relacionada a su volumen, se deduce entonces como correcta la selección de 2 tubos de acero inoxidable para este fin, con una placa recta en su extremo.

3.14.1 Configuración paletas.

La configuración geométrica de la ubicación y el porcentaje de semilla arrastrada por cada una de las paletas se identifica a continuación. Determinándose las dimensiones de cada una de las paletas 80x200x2mm.

Tabla 53.

Dimensiones de paletas

# Paleta	Diámetro arrastrado (m)	Área arrastrada (m2)	%
1	0,276	0,060	12,72
2	0,436	0,089	19,02
3	0,596	0,130	27,56
4	0,756	0,170	36,11
Tanque	0,774	0,471	100,00
Juego elementos			4,6

Nota: dimensión de paletas elaborado por Juan Suntaxi

Configuración de paletas

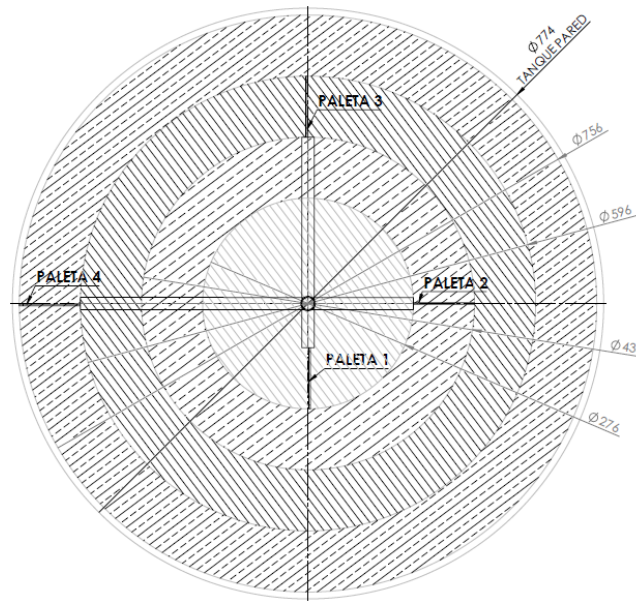


Figura 48. Configuración de paletas
Elaborado por: J. Suntaxi(2016)

3.15 Tanque

Se considera para su diseño como un recipiente a presión, mismo que es capaz de almacenar un fluido a presión, independientemente de su forma y dimensiones.

Como anteriormente se indicó, este contendrá la mezcla de agua con semilla, misma que equivale a 132.5kg, masa que actúa sobre el área del fondo del tanque 0,47m².

$$P = \frac{F}{A} \text{ (Larburu, 2001, p. 56)}$$

$$A = 0,47m^2$$

$$m = 132,5kg$$

$$F = mg = (132,5kg) \left(\frac{9,8m}{s^2} \right) = 1298,5N$$

$$P = \frac{1298,5N}{0,47m^2} = 2762,7Pa = 0,4psi$$

$$P_t = P_{atm} + P_{masa}$$

$$P_t = 14.7psi + 0,4psi = 15.1 psi$$

Para dimensionar el espesor del tanque se seguirán los delineamientos marcados en el código ASME SECCIÓN VIII DIV 1.

Este indica que el espesor mínimo requerido de carcasas bajo presión interna no puede ser inferior a la relación expresada por:

$$t = \frac{PR}{SE-0,6P} \text{ (ASME, 2004, p. 18)}$$

Donde:

- t = espesor mínimo requerido (pulgadas)
- P = presión interna de diseño (psi)
- R = radio interno de la carcasa a ser considerada (pulgadas)
- S = esfuerzo máximo admisible (psi)
- E = Eficiencia de junta.

La presión P a la que estará sometido el tanque considerará un 10% adicional en base al ítem UG134c (ASME, 2004, p. 97) presión de ajuste para recipientes, esto prevé un aumento de presión o un uso sobrepaso de la capacidad para la cual es diseñada la máquina.

$$P = 1.1P_t = 16.61psi$$

El radio R corresponde a la configuración geométrica del tanque

$$R = 15,2inch$$

El esfuerzo admisible S_y es obtenido de la ficha técnica del proveedor de acero inoxidable DIPAC

$$S_y = 32633psi$$

La eficiencia de la junta E es obtenida de la Tabla 54 del código en mención. Esta se entiende como la eficiencia de las soldaduras, como el grado de confiabilidad que se puede tener de ellas

Tabla 54.

Eficiencia de soldaduras

TABLE UW-12
MAXIMUM ALLOWABLE JOINT EFFICIENCIES^{1,5} FOR ARC AND GAS WELDED JOINTS

Type No.	Joint Description	Limitations	Joint Category	Degree of Radiographic Examination		
				(a) Full ²	(b) Spot ³	(c) None
(1)	Butt joints as attained by double-welding or by other means which will obtain the same quality of deposited weld metal on the inside and outside weld surfaces to agree with the requirements of UW-35. Welds using metal backing strips which remain in place are excluded.	None	A, B, C, & D	1.00	0.85	0.70
(2)	Single-welded butt joint with backing strip other than those included under (1)	(a) None except as in (b) below (b) Circumferential butt joints with one plate offset; see UW-13(b)(4) and Fig. UW-13.1, sketch (k)	A, B, C, & D	0.90	0.80	0.65
			A, B, & C	0.90	0.80	0.65
(3)	Single-welded butt joint without use of backing strip	Circumferential butt joints only, not over 24 in. (600 mm) thick and not over 24 in. (600 mm) outside diameter	A, B, & C	NA	NA	0.60
(4)	Double full fillet lap joint	(a) Longitudinal joints not over 3/8 in. (10 mm) thick	A	NA	NA	0.55
		(b) Circumferential joints not over 3/8 in. (16 mm) thick	B & C ⁶	NA	NA	0.55
(5)	Single full fillet lap joints with plug welds conforming to UW-17	(a) Circumferential joints ⁴ for attachment of heads not over 24 in. (600 mm) outside diameter to shells not over 3/8 in. (13 mm) thick	B	NA	NA	0.50
		(b) Circumferential joints for the attachment to shells of jackets not over 3/8 in. (16 mm) in nominal thickness where the distance from the center of the plug weld to the edge of the plate is not less than 1 1/2 times the diameter of the hole for the plug.	C	NA	NA	0.50

Fuente: (ASME, 2004)

Se selecciona el tipo 3, soldadura sin uso de material de respaldo, y de acuerdo a que no se realiza ningún tipo de examinación radiográfica es el factor 0,6.

Los resultados para el espesor se tienen al reemplazar los datos a continuación detallados en la ecuación para t de la ASME anteriormente mencionada:

Tabla 55.

Resultados espesor pared de tanque

	Parámetro	Cant	Unid
ESPEJOR PARED TANQUE	P	16,61	psi
	R	15,2	inch
	S	32633	psi
	E	0,6	-
	t	0,01	inch
	t	0,33	mm

Nota: espesor elaborado por Juan Suntaxi

Con la idea de facilitar el proceso de fabricación, soldaduras y manipulación, se considerará para su construcción un espesor mínimo de 1.2mm del acero inoxidable AISI 304.

3.16 Estructura.

Esquema de estructura

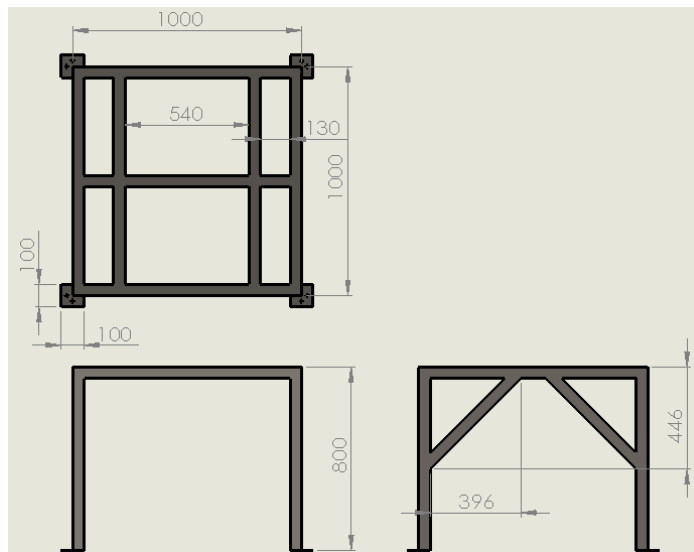


Figura 49. Esquema de estructura
Elaborado por: J. Suntaxi(2016)

Como premisa se tiene una estructura simplemente será el soporte del tanque contenedor de la mezcla y de un pequeño motor de 1 hp se procede con un análisis por medio del software SOLIDWORKS 2015, con el fin de determinar el comportamiento ante una carga considerada de 265kg (132.5kg mezcla + 132.5kg metal/motor/otros)

Esta estructura será fabricada de ángulos de acero A36 de 50mm de lado por 2mm de espesor, a continuación, se presenta un esquema de la geometría

3.16.1 Definición del material:

Definición de material

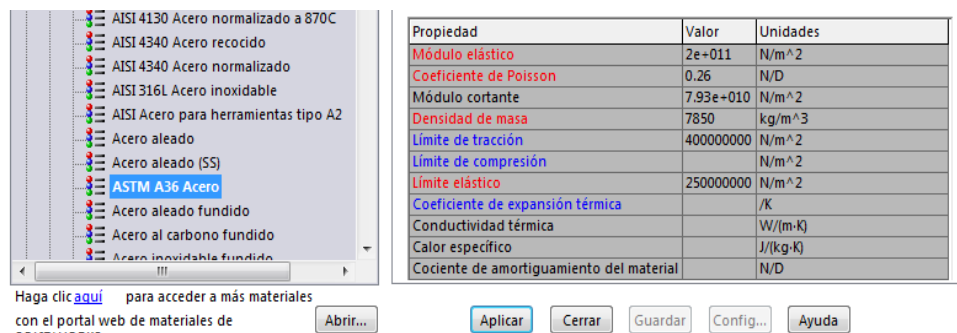
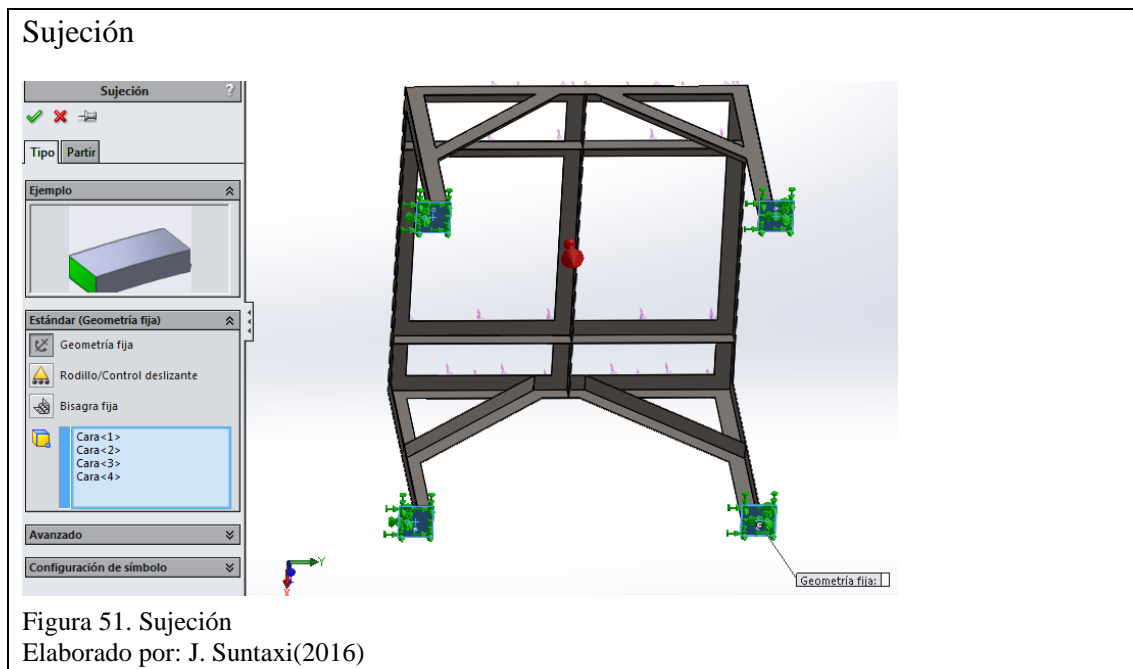
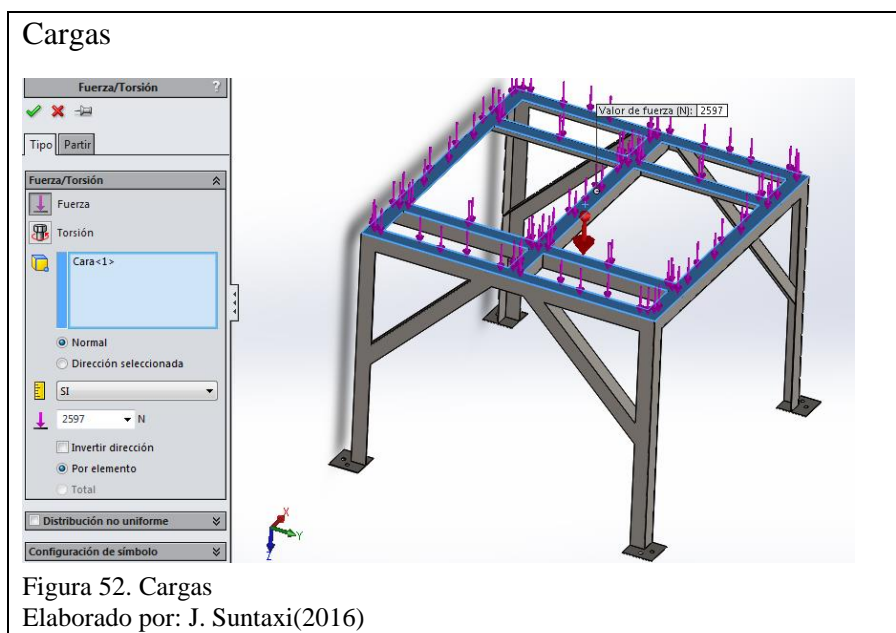


Figura 50. Definición de material
Elaborado por: J. Suntaxi(2016)

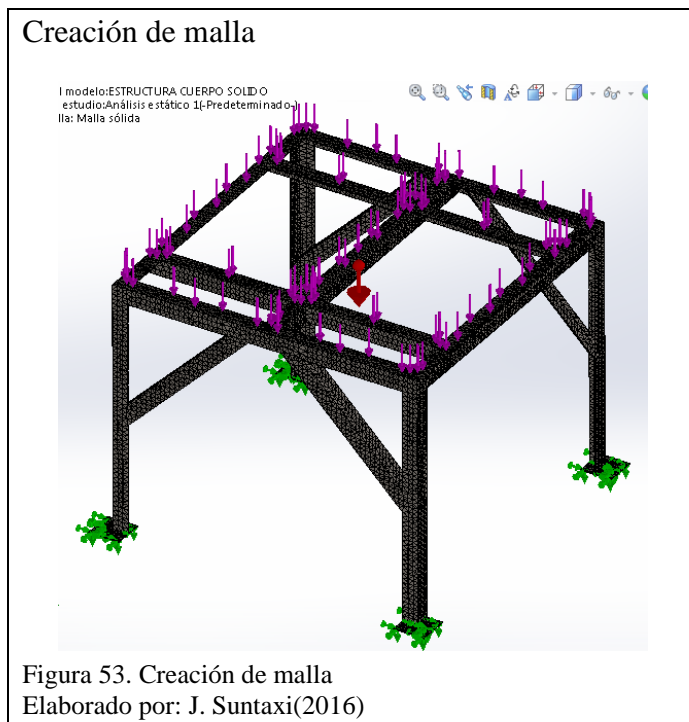
3.16.2 Definición de sujeción



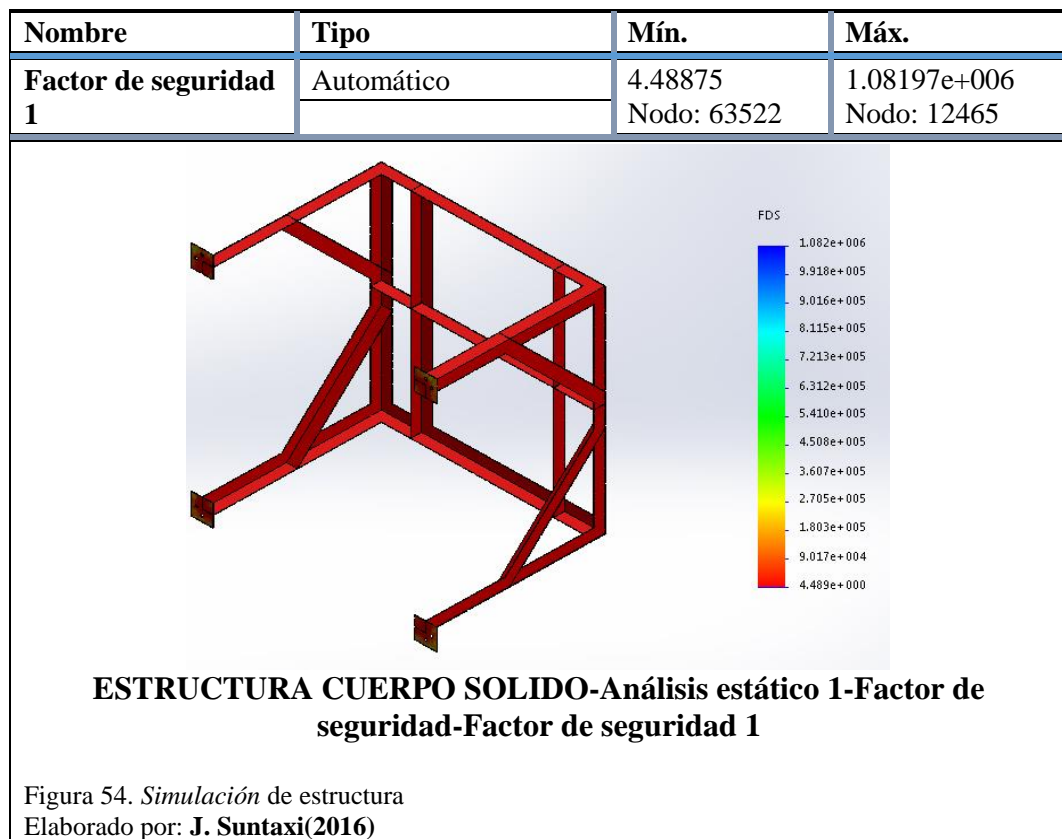
3.16.3 Definición de cargas



3.16.4 Creación de malla.



3.16.5 Simulación y obtención de resultados



Por lo que se considera aprobada la configuración de la estructura en base a su factor de seguridad mínima de 4.48.

3.17 Accesorios de tanque.

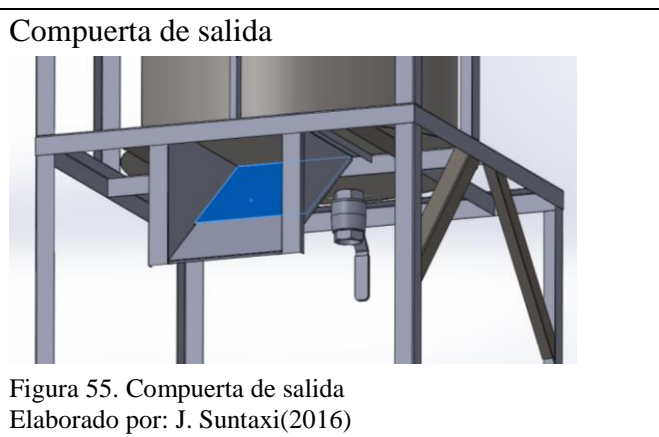
- Válvula de drenaje. 2”.
- Válvula de ingreso de agua, ½”.
- Válvula de drenaje impurezas. 2”.

3.18 Compuerta salida semilla

Todos los componentes relacionados a este sistema serán fabricados del mismo espesor y material del que se conformará el tanque, lo que equivale a:

- Acero inoxidable AISI 304.
- Espesor mínimo 1.2mm.

Este se constituye de una pequeña compuerta que a su vez contendrá un empaque sobre su superficie, esto garantiza que no escape ningún material del interior del tanque.



Esta a su vez descansa sobre una pequeña tolva inferior, misma que redirige la semilla hacia cualquier recipiente que el operador coloque en la salida misma.

Ducto de salida

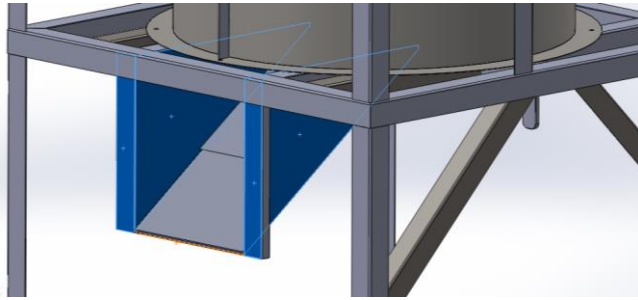


Figura 56. Ducto de salida
Elaborado por: J. Suntaxi(2016)

3.19 Automatización y control

La automatización y control se le dará básicamente al motor eléctrico que realiza el movimiento de las aspas, estas aspas se moverán a 50 RPM.

El control de la máquina lavadora de ajonjolí consta de los siguientes elementos:

- botones de encendido
- botones de apagado
- 1 contactor
- Fusibles
- 1 variador
- 1 relé de arranque
- Caja eléctrica metálica

Control

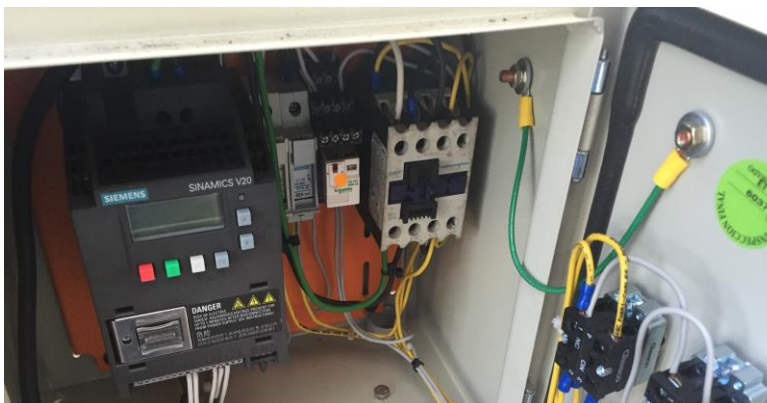


Figura 57. Control
Elaborado por: J. Suntaxi(2016)

- La máquina se energiza a través de la botonera de encendido general.

- La energía eléctrica llega al contactor para mantener energizado el sistema
- La corriente llega al variador (trifásica 220V), y la transforma en corriente monofásica 220 V, luego esta energía pasa a la botonera de encendido del motor que al ser pulsada, activa el relé dejando libre el paso de corriente al motor.
- Al pulsar la botonera de apagado del motor, se corta el paso de corriente que va al motor y este se apaga
- Al pulsar la botonera de apagado general, se corta el paso de corriente de alimentación general y apaga todos los elementos.

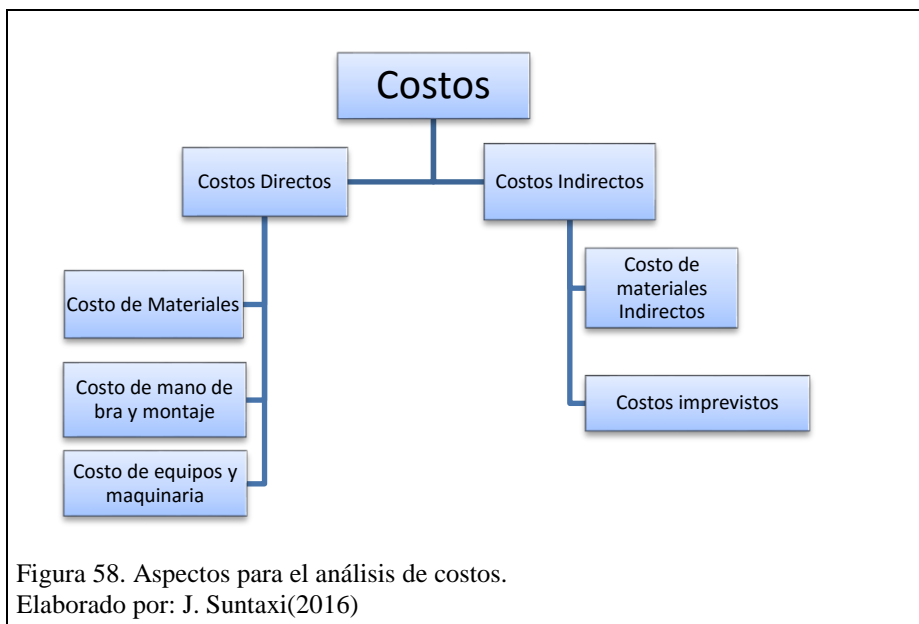
Capítulo 4

Costos

En este capítulo se realizará un análisis de costos del proyecto, donde se resumirá los diferentes costos implicados en el diseño y construcción de la máquina de ajonjolí para poder obtener el costo real de la máquina, considerando todos los factores que intervienen en la construcción.

4.1 Análisis de costos

Para determinar el costo total de la máquina lavadora de ajonjolí, se tiene en cuenta los siguientes aspectos:



4.1.1 Costos directos

Entre los costos directos tenemos:

- Costo de materiales
- Costo de equipos y maquinaria
- Costo de mano de obra y montaje

4.1.2 Costos Indirectos

Son los costos que no están tomados de forma directa

- Costos de materiales indirectos
- Costos imprevistos

4.2 Análisis de costos directos

En este análisis estarán todos los gastos que están asociados directamente en la construcción de la lavadora de ajonjolí.

4.2.1 Costo de materiales

En la siguiente tabla se detallan el costo de cada uno de los materiales que se emplearon para la construcción de la máquina, tanto para la parte de la estructura metálica, como para la parte de control eléctrico.

Tabla 56.

Costo de materiales

Descripción	Cant.	Unidad	Valor Unitario (USD)	Valor Total (USD)
Motor trifásico siemens de 1 HP	1	U	\$ 202,72	\$ 202,72
Variador de frecuencia	1	U	\$ 311,36	\$ 311,36
Banda	1	U	\$ 5,00	\$ 5,00
Empaque para compuerta inferior	1	U	\$ 15,00	\$ 15,00
Polea de hierro fundida de 4" tipo canal	1	U	\$ 14,85	\$ 14,85
Polea de hierro fundida de 8" tipo canal	1	U	\$ 28,29	\$ 28,29
Pintura sintética	1	GLB	\$ 18,59	\$ 18,59
Caja eléctrica con doble pulsador	1	U	\$ 34,65	\$ 34,65
Chumacera tensora 3/4"	1	U	\$ 20,78	\$ 20,78
Chumacera tipo pared 1/2"	1	U	\$ 7,18	\$ 7,18
Válvula de bola 1/2"	1	U	\$ 5,20	\$ 5,20
Válvula de bola 2"	1	U	\$ 45,00	\$ 45,00
Válvula de bola 1 1/2 "	1	U	\$ 28,62	\$ 28,62
Recubrimiento multiprimer gris	1	U	\$ 22,46	\$ 22,46
Planchas de acero inoxidable de 1.5 mm.	2	U	\$ 102,99	\$ 205,98
Eje motriz de acero inoxidable	1	U	\$ 11,00	\$ 11,00
Tornillería	1	GLB	\$ 15,00	\$ 15,00
Tubo redondo inoxidable de 3/4"x1.5mm.	1	U	\$ 20,66	\$ 20,66
Angulo acero 50x3	3	U	\$ 15,12	\$ 45,36
Angulo acero 30x3	2	U	\$ 10,05	\$ 20,10
SUBTOTAL				\$ 1077,80

Nota: costo materiales elaborado por Juan Sntaxi

4.2.2 Costo de equipos y maquinaria

En la siguiente tabla se detallan los costos que fueron utilizados en maquinaria o equipos para la fabricación de los elementos de la lavadora de ajonjolí.

Tabla 57.

Costo de equipos y maquinaria

Maquinaria	Costo incluida mano de obra (USD/h)	Tiempo utilizado (h)	Costo Total (USD)
Fresadora	\$ 9,00	1,5	\$ 13,50
Torno	\$ 9,00	3,5	\$ 31,50
Limadora	\$ 6,00	2	\$ 12,00
Guillotina	\$ 5,00	1,5	\$ 7,50
Baroladora	\$ 10,00	1,5	\$ 15,00
Cortadora por plasma	\$ 7,00	2,5	\$ 17,50
Soldadora por arco eléctrico	\$ 8,00	4,5	\$ 36,00
Soldadora TIG	\$ 9,00	6,5	\$ 58,50
Taladro eléctrico	\$ 4,00	3	\$ 12,00
Amoladora	\$ 4,00	3,5	\$ 14,00
Esmeril	\$ 3,00	2,5	\$ 7,50
SUBTOTAL			\$ 225,00

Nota: costo maquinaria elaborado por Juan Sntaxi

4.2.3 Costo de mano de obra y montaje

Tabla 58.

Costo de mano de obra

Personal	Especialidad	Tiempo utilizado (h)	Costo mano de obra (USD/h)	Costo total (USD)
Ingeniero	Diseño	80	\$ 6,25	\$ 500,00
Maestro	Mecánico	40	\$ 3,90	\$ 156,00
Ayudante	Mecánico	40	\$ 2,50	\$ 100,00
SUBTOTAL				\$ 756,00

Nota: costo mano de obra elaborado por Juan Sntaxi

4.2.4 Costo Directo Total

Tabla 59.

Costo directo total

Componente del costo	Valor
Costo de materiales	\$ 1077,80
Costo de maquinaria y equipos	\$ 225,00
Costo de mano de obra	\$ 756,00
SUBTOTAL	\$ 2.058,80

Nota: costo directo elaborado por Juan Sntaxi

4.3 Análisis de costos indirectos

4.3.1 Costos de materiales indirectos

Tabla 60.

Costo de materiales indirectos

Descripción	Cant.	Unidad	Valor Unitario (USD)	Valor Total (USD)
Electrodos E6011	2	Kg.	\$ 5,80	\$ 11,60
Electrodo, AWS: ER 308L	2	Kg.	\$ 7,30	\$ 14,60
Equipo de seguridad Industrial	1	GLB	\$ 55,00	\$ 55,00
Disco de desbaste	1	U	\$ 10,00	\$ 10,00
Disco de corte	2	U	\$ 12,00	\$ 24,00
Gas Protector Argón	1	GLB	\$ 20,00	\$ 20,00
SUBTOTAL				\$ 135,20

Nota: costo indirecto elaborado por Juan Sntaxi

4.3.2 Costos Imprevistos

Tabla 61.

Costo de imprevistos

Imprevisto	Valor
Movilización y Transporte	\$ 35,00
Gastos de Internet	\$ 60,00
Impresión de documentos	\$ 25,00
Varios	\$ 20,00
Gastos de telefonía	\$ 15,00
SUBTOTAL	\$ 155,00

Nota: costo imprevistos elaborado por Juan Sntaxi

4.3.3 Costo indirecto total

Tabla 62.

Costo indirecto total

Componente del costo	Valor
Costo de materiales indirectos	\$ 135,20
Costo de imprevistos	\$ 155,00
SUBTOTAL	\$ 290,20

Nota: costo indirecto total elaborado por Juan Sntaxi

4.4 Costo Total

Tabla 63.

Costo total

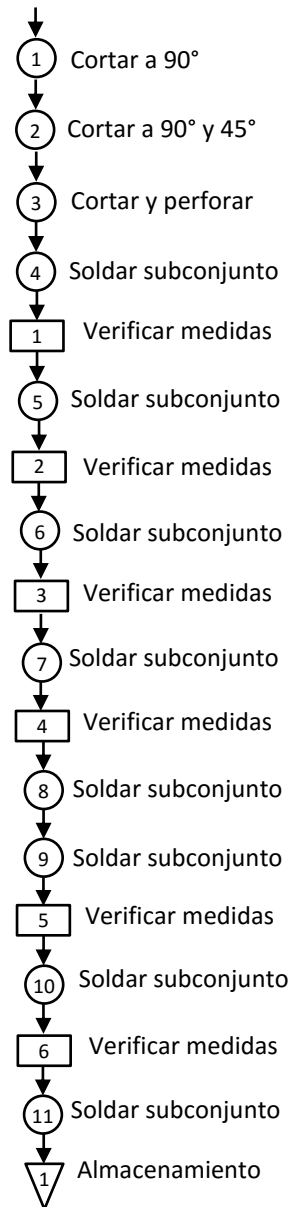
Componente del costo	Valor
Costo Directo	\$ 2.058,80
Costo Indirecto	\$ 290,20
SUBTOTAL	\$ 2.349,00

Nota: costo total elaborado por Juan Sntaxi.

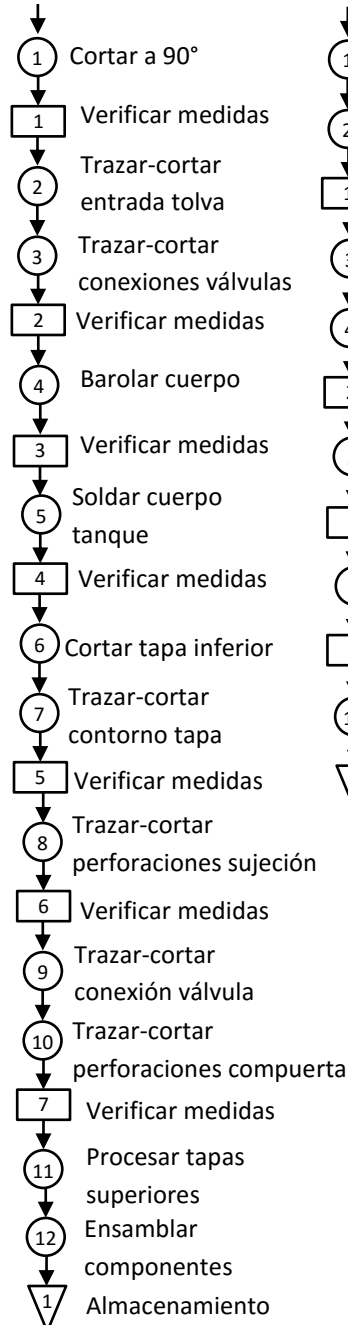
Capítulo 5

5.1 Diagrama de flujo Proceso de construcción lavadora de ajonjolí

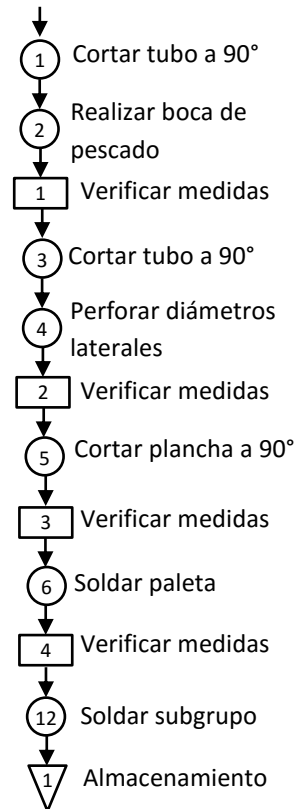
Estructura



Tanque



Paletas



5.2 Construcción

A continuación, se listan las máquinas y herramientas adecuadas que se emplearon en la fabricación de los diversos componentes de la máquina lavadora de semillas de ajonjolí. La construcción se ha realizado en un taller mecánico, mismo que cuenta con los equipos y herramientas mencionados, así como también cuenta con el personal técnico con la experticia y capacitación acerca de la fabricación y ensamble de máquinas

Con la finalidad de dar agilidad y viabilidad al proyecto en cuestión se han considerado como componentes, elementos y materiales normalizados, los cuales pueden ser localizados de forma fácil en el mercado local y nacional. Esto a su vez refleja una facilidad de mantenimiento y-o reparación cuando la máquina lo amerite.

5.2.1 Maquinaria

- Fresadora
- Torno
- Limadora
- Guillotina
- Baroladora
- Cortadora por plasma
- Soldadora por arco eléctrico
- Taladro eléctrico
- Amoladora
- Esmeril

5.2.2 Herramientas

- Fresas
- Cuchillas
- Grata
- Trazador
- Juego de brocas
- Sierra circular

- Limas
- Martillo
- Disco de corte
- Juego de llaves en general

5.2.3 Instrumentos de medición

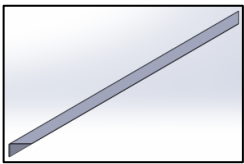

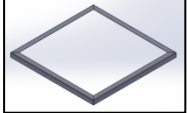
- Flexómetro
- Calibrador
- Escuadra
- Nivel

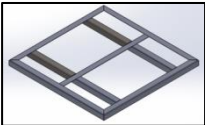
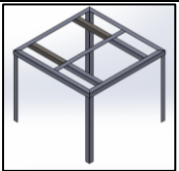

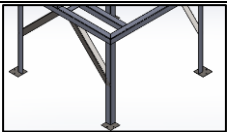
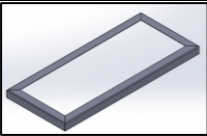
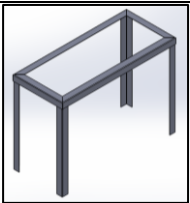

5.2.4 Equipos de seguridad

- Gafas protectoras
- Máscara-casco para soldar
- Guantes de cuero
- Protectores auditivos
- Mandil

5.3 Procedimiento para construcción de los componentes de la máquina

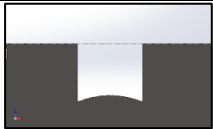

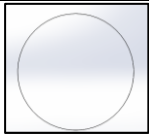
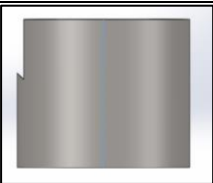
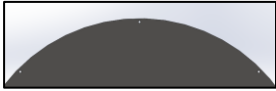
5.3.1 Modulo estructura



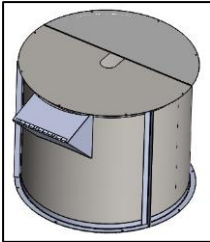
Esquema	Acción/detalle	Material-elemento	Descripción
	Cortar a 90°	Ángulo 50x50x2mm, acero galvanizado	4u de l=718mm (1) 4u de l=796mm (2) 4u de l=600mm (3) 1u de l=992mm (6) 4u de l=515mm (7)
	Cortar a 90° y luego a 45° en los extremos	Ángulo 50x50x2mm, acero galvanizado	4u de l=1000mm (5) 2u de l=1000mm (9) 2u de l=430mm (8) Ver en plano 10.8912535.001.03
	Cortar y perforar	Placa e=2mm, acero galvanizado	4u de 100x100mm (4), ver posiciones y perforaciones en plano 10.8912535.001.02.01
	Soldar	Elementos (5)	1u de medidas 1000x1000mm, en el mismo plano

	Verificar medidas	Elementos (5)	
	Soldar	elementos (6) y (7)	Verificar posiciones en plano 10.8912535.001.02
	Verificar medidas	elementos (6) y (7)	
	Soldar	elementos (2)	Los elementos anexados deben estar soldados en los extremos a 90 grados del plano formado plano 10.8912535.001.02
	Verificar medidas	elementos (2)	
	Soldar	elementos (7)	Verificar posiciones en plano 10.8912535.001.02
	Verificar medidas	elementos (7)	
	Soldar	elementos (4)	
	Soldar	Elementos (9) con (8)	1u de medidas 1000x435mm, ver en el plano 10.8912535.001.02
	Verificar medidas	Elementos (9) con (8)	
	Soldar	elementos (1)	Los elementos anexados deben estar soldados en los extremos a 90 grados del plano formado por el subconjunto 2.
	Verificar medidas	elementos (1)	
	Soldar	Subconjunto total	Verificar medidas y posiciones en el plano 10.8912535.001.02

Nota: proceso de construcción elaborado por Juan Suntaxi


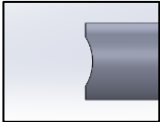
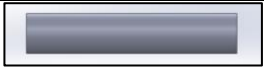
5.3.2 Modulo tanque

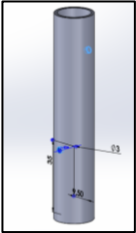
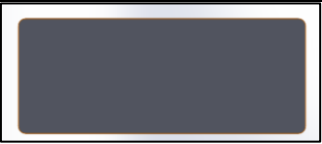

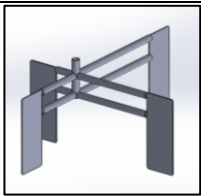
Esquema	Acción/detalle	Material-elemento	Descripción
	Cortar acero tanque	Acero AISI 304, 1220x2440x1,2mm	Mediante guillotina cortar a las siguientes dimensiones 665x2436mm.
	Verificar medidas externas cuerpo tanque		
	Trazar-cortar entrada tolva superior.	Cuerpo tanque	Realizar corte de medidas externas de 307x270mm, detalle y ubicación ver plano 10.8912535.001.01.01
	Trazar-cortar conexiones válvulas.	Cuerpo tanque	Detalle y ubicación ver plano 10.8912535.001.01.01. Las perforaciones dependen de los diámetros externos de los neopresos para conexión de válvulas, consultar.
	Verificar medidas perforaciones cuerpo tanque		-
	Barolar cuerpo tanque	Cuerpo tanque	El radio externo de barolado es de R388mm.
	Verificar medidas barolado		
	Soldar verticalmente cuerpo tanque	Cuerpo tanque	La suelda a realizarse debe ser a tope, verificar detalle en plano 10.8912535.001.01
	Verificar medidas suelda		
	Cortar tapa inferior tanque	Acero AISI 304, 1220x2440x1,2mm	Mediante guillotina cortar a las siguientes dimensiones 850x1220mm.
	Trazar-cortar contorno tapa inferior tanque	Tapa inferior tanque	Trazar un círculo de diámetro 837mm y cortarlo. Ver en el plano 10.8912535.001.01.03
	Verificar medidas contorno tapa inferior tanque		
	Trazar-cortar perforaciones para sujeción de tapa inferior tanque	Tapa inferior tanque	Detalles y ubicación de perforaciones revisar plano 10.8912535.001.01.03
	Verificar medidas perforaciones para sujeción de tapa inferior tanque		

	Trazar-cortar conexión válvula	Tapa inferior tanque	Detalle y ubicación ver plano 10.8912535.001.01.03. La perforación depende del diámetro externo del niple para conexión de válvula.
	Trazar-cortar perforación de puerta inferior	Tapa inferior tanque	Detalles y ubicación de perforaciones revisar plano 10.8912535.001.01.03
	Verificar medidas tapa inferior tanque		
	Procesar las tapas superiores.	Acero AISI 304, 1220x2440x1,2mm	Se procede de forma similar a la tapa inferior, referirse a los planos 10.8912535.001.01.07 y 10.8912535.001.01.08
	Ensamblar los componentes.	Acero AISI 304, 1220x2440x1,2mm	El proceso de ensamble se guía del plano 10.8912535.001.01
Almacenamiento temporal			

Nota: proceso de construcción elaborado por Juan Suntaxi

5.3.3 Modulo conjunto paletas

Esquema	Acción/detalle	Material-elemento	Descripción
	Cortar a 90°	Tubo Eje Acero AISI 304 diámetro 8mm	2u de l=50mm 2u de l=130mm 2u de l=210mm 2u de l=290mm
	Realizar boca de pescado.	Brazo Tubo Acero AISI 304	En cada uno de los tubos de acero inoxidable realizar boca de pescado R9,5, detalle en el plano 10.8912535.001.07.03, 10.8912535.001.07.04, 10.8912535.001.07.05, 10.8912535.001.07.06
	Verificar medidas brazo tubo eje acero AISI 304.		
	Cortar a 90°	Tubo Eje Acero AISI 304 diámetro 19mm	1u de l=100mm Ver en el plano 10.8912535.001.07.02

	Perforar diámetros laterales	Tubo Eje Acero AISI 304 diámetro 19mm	Detalle y ubicación plano 10.8912535.001.07.02
	Verificar medidas brazo tubo eje acero AISI 304.		
	Cortar a 90°	Acero AISI304 1220x2440x2mm.	4u de 80x200mm Ver detalle en plano 10.8912535.001.07.01
	Verificar medidas paleta 80x200mm.		
	Soldar paleta 1u con brazo tubo eje acero.	Paleta-brazo tubo eje acero.	En base al plano 10.8912535.001.07 soldar una paleta y un par de brazo tubo eje de acero. Realizar esto para 4 subgrupos de ensamble.
	Verificar medias subgrupos de ensamble.		Verificar medidas en plano 10.8912535.001.07
	Soldar subgrupos de ensamble con el eje central.	Subconjunto con Tubo Eje Acero AISI 304 diámetro 19mm	Verificar detalles y posición en plano 10.8912535.001.07
	Verificar medidas.		

Nota: proceso de construcción elaborado por Juan Suntaxi

5.4. Montaje

Para el montaje de los subconjuntos se partió por el modulo estructura el cual está completamente terminado y nivelado, el tanque se colocó en la parte superior y se centró en la estructura metálica, en tanque se sujetó a la estructura mediante pernos de sujeción.

El conjunto de paletas se introdujo en la parte interior de tanque y se realizó una alineación para que las paletas no vayan a tener contacto con la superficie lateral del tanque, el extremo superior del eje del conjunto de paletas fue introducido a la chumacera con un ajuste, la chumacera se sujetó a la tapa superior del tanque.

5.4.1 Montaje motor eléctrico

Considerando los pernos de sujeción que contenga el motor fue necesario que se realicen estas sobre la estructura metálica de soporte en el momento mismo de sujeción final a la estructura.

5.4.2 Montaje de tolva

La configuración de la misma no implica complejidad alguna, por lo que con los planos de fabricación es factible su ensamble al cuerpo tanque.

La unión se realizó mediante soldadura.

5.4.3 Montaje de la compuerta inferior

El montaje de la compuerta se realizó fijando con bisagras un extremo de la compuerta con la estructura metálica del tanque, para mantener su hermeticidad se utilizó un empaque de caucho y se aseguró la compuerta por medio de dos pernos con tuerca mariposa

5.5 Pruebas de funcionamiento

Luego de haber hecho las pruebas de funcionamiento del equipo, se pudo verificar que el equipo funciona de manera correcta.

Además todos los materiales utilizados en la construcción de la lavadora de ajonjolí fueron los adecuados ya que funcionan sin ningún esfuerzo, así el motor instalado no tiene problemas de potencia en el giro de las paletas con la mezcla de agua con semillas.

Se hizo una prueba hidrostática atmosférica para determinar la hermeticidad del tanque, en la cual no se evidencio ninguna fuga de agua por las juntas soldadas del tanque.

5.6 Manual de funcionamiento.

A continuación, se presenta el manual de funcionamiento para el usuario

1. Cerrar la compuerta inferior de salida y las válvulas de salida y limpieza.

2. Abrir la válvula de entrada de agua.
3. Encender el variador de frecuencia pulsando el botón de color verde (ON Variador) del tablero de control.
4. Encender el motor pulsando el botón de color verde (ON Motor) del tablero de control.
5. Abrir la compuerta de ingreso en la parte superior de la máquina
6. Introducir por la compuerta de ingreso la semilla de ajonjolí en una cantidad máxima de 35 kg de semilla.
7. Cerrar el ingreso de agua cuando el agua haya llegado al nivel máximo al mismo tiempo apagar el motor pulsando el botón (OFF Motor)
8. Esperar aproximadamente 2 minutos para que los desperdicios livianos suban y floten en la superficie.
9. Abrir la válvula de limpieza ubicada en la parte superior, para que los desperdicios livianos sean evacuados, el desperdicio será seleccionado para su reutilización.
10. Colocar un recipiente en la parte baja para la recepción de semilla.
11. Abrir la válvula de limpieza ubicada en la parte inferior para retirar todo el restante de agua
12. Cerrar la válvula de limpieza ubicada en la parte inferior.
13. Abrir el ingreso de agua y encender el motor de la máquina.
14. Realizar tres lavadas de la semilla siguiendo el procedimiento anterior hasta que el agua salga totalmente limpia (número de lavadas obtenido en pruebas de funcionamiento de la máquina)
15. Abrir la compuerta de salida en la parte inferior y retirar la semilla lavada (Todo el proceso dura 20 min)

5.7 Procedimiento de control de calidad

Para este punto en particular se utilizó el método experimental se realizó pruebas de lavado de la semilla de ajonjolí y se determinó que la opacidad y viscosidad del agua eran la adecuada después de tres lavadas, ya que el agua utilizada en el lavado tenía una apariencia cristalina y la sensación de viscosidad pasaba desapercibida, para lo cual se determina que el control de calidad del lavado de la semilla de ajonjolí deberá realizarse

tres

lavadas.

Conclusiones

- Se logró cumplir el objetivo de lavar 100 Kg de semilla en una hora, dado que la máquina permite lavar en 20 minutos 35 Kg.
- En el mercado nacional no existe una máquina para lavar semilla de ajonjolí, gracias al estudio de este proyecto se pudo diseñar y fabricar una máquina, ensamblada con materia prima, insumos y mano de obra nacional, que resultó eficiente en costos y redujo el tiempo de producción de la empresa, colaborando de esta manera con la matriz productiva del país.
- Se determinó mediante pruebas de observación que luego de tres cambios de agua, los 35 Kg. Estaban limpios, incluso visualmente presentaban una mejor apariencia que la del lavado a mano y por lo tanto estaban listos para continuar en el proceso de producción de la empresa
- Se diseñó y construyó una máquina lavadora de ajonjolí, tomando en cuenta las características de la semilla, como tamaño, densidad y volumen de uso, logrando como resultado una máquina funcional, económica y de pequeñas dimensiones, para su diseño se aplicaron conceptos aprendidos durante la carrera tales como: uso de herramientas de software de diseño, uso de máquinas herramientas, cálculos de elementos de máquinas
- Se ha logrado reducir el personal necesario para el lavado manual de la semilla de ajonjolí de 5 personas a una sola persona que sería el operario de la máquina

.

Recomendaciones

- Se recomienda seguir las instrucciones de funcionamiento para evitar daños en la máquina.
- Se recomienda utilizar un recipiente de doble fondo para recibir la semilla lavada, ya que este ayudará a tener semillas con menor cantidad de agua.
- Se recomienda realizar un chequeo de todos los mecanismos de movimiento de la máquina lavadora de ajonjolí, mínimo una vez al año, para poder alargar la vida útil de la máquina y evitar paradas imprevistas.

Referencias

- Ensalada de palabras. (2012). Recuperado el 27 de diciembre de 2015, de <http://ensalada-de-palabras.blogspot.com/2012/12/ajonjoli.html>
- Aniame. (2011). Ecured. Recuperado el 20 de enero de 2016, de <http://www.ecured.cu/index.php/Ajonjol%C3%AD>
- ARELLANO. (1998). Diseño de estructuras de acero. En Arellano, Diseño de estructuras de acero (pág. CAP 1Y 2). Quito: EPN. Recuperado el 25 de diciembre de 2015.
- ASME. (2004). 2004 ASME BOILER AND PRESSURE VESSEL CODE. New York: ASME. Recuperado el 25 de diciembre de 2015.
- Becilla, C. (1988). Análisis del cultivo del ajonjolí en el Ecuador. Programa cooperativo de investigación agrícola. Recuperado el 15 de noviembre de 2015.
- Costa, O. S. (2005). Pontuario de Datos y Fórmulas. La Habana: Cátedra de Sistemas Complejos Henri Poincaré. Recuperado el 19 de noviembre de 2015.
- Costa, O. S. (2005). Prontuario de Datos y Fórmulas. La Habana: Facultad de Física. Recuperado el 10 de noviembre de 2015.
- DIPAC. (2015). DIPAC, Catálogo de Aceros. Quito: DIPAC. Recuperado el 23 de octubre de 2015.
- FAG. (2008). CATALOGO FAG. En FAG, CATALOGO FAG (pág. 248). Recuperado el 15 de noviembre de 2015.
- FAG. (2015). FAG. Berlín: FAG. Recuperado el 19 de noviembre de 2015.
- Harper, E. (2005). El ABC de las Máquinas Eléctricas III. Instalación y Control de Motores de Corriente Alterna. México: LIMUSA. Recuperado el 3 de diciembre de 2015.
- Heredia, J. (28 de Agosto de 2014). Cojinetes. Recuperado el 20 de diciembre de 2015, de <http://jonathanherediabowen.blogspot.com/>
- Larburu, N. (2001). Máquinas Prontuario. Madrid: Paraninfo. Recuperado el 29 de octubre de 2015
- Machinery, L. (05 de 10 de 2015). Alibaba.com. Recuperado el 10 de diciembre de 2015, de http://www.alibaba.com/product-detail/Sesame-Washer-and-Dryer-Sesame-Drying_1912646779.html?spm=a2700.7724857.35.1.FmUIHe

- Perez. (2002). Informacion tecnica de ajonjoli. En Perez, Informacion tecnica de ajonjoli. Mexico: Coyoacan. Recuperado el 20 de octubre de 2015
- RAMAKRISHNA. (1987). VII SEMINARIO COSECHA MECANICA DEL AJONJOLI. ECUADOR. Recuperado el 29 de octubre de 2015
- Repermetal S.A. (10 de mayo de 2016). Repermetal . Recuperado el 8 de enero de 2016, de <http://www.repermetalecuador.com/#!empresa/cpqi>
- Riba, C. (2002). DISEÑO CONCURRENTE. En C. Riba, DISEÑO CONCURRENTE (pág. 60). Barcelona: ETSEIB - UPC . Recuperado el 29 de octubre de 2015
- Schullo. (15 de 3 de 2016). Productos Schullo. Recuperado el 24 de enero de 2016, de <http://www.schullo-es.com/#!productos/cs02>
- Shigley. (1989). Manual de diseño mecánico. en Shigley, Manual de diseño mecánico (pág. cap 9). Mexico: Mc Graw Hill. Recuperado el 19 de octubre de 2015
- Shigley. (1989). Manual de diseño mecánico. en Shigley, Manual de diseño mecánico (pág. cap 8). Mexico: Mc Graw Hill. Recuperado el 19 de octubre de 2015
- Shigley. (1989). Manual de diseño mecánico. en Shigley, Manual de diseño mecánico (pág. cap 8 secc17). Mexico: Mc Graw Hill. Recuperado el 19 de octubre de 2015
- Shigley. (1989). Manual de diseño mecánico. en Shigley, Manual de diseño mecanico (pág. cap 17). Mexico: Mc Graw Hill. Recuperado el 19 de octubre de 2015
- Shigley. (1989). Manual de diseño mecánico. en Shigley, Manual de diseño mecánico (pág. cap 17). Mexico: Mc Graw Hill. Recuperado el 19 de octubre de 2015
- Shigley. (1989). Manual de diseño mecánico. en Shigley, Manual de diseño mecánico (pág. cap 11). Mexico: Mc Graw Hill. Recuperado el 19 de octubre de 2015
- Shigley. (1989). Manual de Diseño Mecánico. En Shigley, Manual de Diseño Mecánico (pág. Capítulo 8). Mexico: Mc Graw Hill. Recuperado el 19 de octubre de 2015
- Shigley. (1989). Manual de Diseño Mecánico. En Shigley, Manual de Diseño Mecánico (pág. Capítulo 15). Mexico: Mc Graw Hill. Recuperado el 19 de octubre de 2015

Shigley, J. (1990). Manual de Diseño Mecánico. México: Mc Graw Hill. Recuperado el 19 de noviembre de 2015

SIEMENS. (2014). Motores trifasico siemens. SIEMENS. Recuperado el 14 de noviembre de 2015


SKF. (2014). SKF Power transmission products. SKF GROUP. Recuperado el 14 de noviembre de 2015

Smith. (1981). Control automatico de procesos. En Smith, Control automatico de procesos. Mexico: Limusa. Recuperado el 18 de diciembre de 2015

Universidad Nacional de Colombia. (2001). Características físico mecánicas y análisis de calidad de granos. Recuperado el 18 de enero de 2016, de https://books.google.com.ec/books?id=2DWmqb6xP3wC&pg=PA82&lpg=PA82&dq=coeficiente+de+friccion+de+semillas&source=bl&ots=IADINIO4hu&sig=W3s9o6-PjS0aPzqwEffLHWTkm9g&hl=es-419&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=coeficiente%20de%20friccion%20de%20semillas&f=false

Anexos

Anexo 1. Facturas de materia prima

		Av. Diego de Vasquez Lote N° 12 y Av. 10 de Agosto (Sector Intercambiador de Carcañón) PBX: 2 486-287 Cel: 099 7800-030 / 099 9046-58 E-mail ventas: importaceros@andina.net.ec E-mail documentos: contabilidad@importaceros.com www.importaceros.com Quito - Ecuador		R.U.C.: 1792628431001 FACTURA 001-001 0000379 AUTORIZACIÓN SRI: 1117970886	
Fecha Emisión: 12 / Enero /2016 Nombre: SUNTAXI TIPAN JUAN NESTOR Dirección: CANARIS LOTE 2 Y PANZALEO R.U.C./C.I.: 1707329460001		Fecha de Vendimiento: 11 / Febrero /2016 Comentarios: Telifs: 2335530			
CANTIDAD	ARTÍCULO	P.V.P.	% DSCTO.	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
2	TUBO CUADRADO 100*3 (4'3)	52.60	0.00	52.60	105.20
3	CORREA G 100*50*15*3	21.10	0.00	21.10	63.30
3	ANGULO 50*3 (2*1/8)	13.50	0.00	13.50	40.50
1	ANGULO 30*3 (1 1/4*1/8)	8.98	0.00	8.98	8.98
1	TUBO REDONDO INOX PULIDO 3/4*1.5(20*1.5)	18.45	0.00	18.45	18.45
Dado y pagare incondicionalmente en moneda de curso legal, a la orden de IMPORT ACEROS INDUSTRIA METALMECÁNICA PROCESADORA DE ACERO IMPORT ACEROS SCC en el lugar en que se me reconenga, el valor total contenido de la factura comercial que antecede. Pagare al vencimiento, el monto requerimiento verbal del acreedor. En caso de mora, pagare además la máxima tasa anual de interés por mora fijado por la Autoridad competente, así como los gastos judiciales y extrajudiciales, incluyendo honorarios profesionales por el cobro de esta obligación, bastando para determinar estos valores, la suma de los valores del acreedor. Me obligo con todos mis bienes, presentes y futuros. El pago no podrá hacerse por partes, ni aun por mis herederos o sucesores. Sin perjuicio, cualquier de presentación para el pago y de aviso por falta del mismo. Me someto a los jueces o tribunales competentes de Quito, para cuyo efecto ratifico mi lugar y domicilio y a la vía ejecutiva o verbal sumaria a la elección del acreedor.				SUBTOTAL \$ 236.43 DESCUENTO 0.00 NETO 236.43 I.V.A. 12% 28.37 TOTAL \$ *****264.80	
Visto Bueno, Fecha al Supra					
NOMBRE: <u>Diana Suntaxi</u> C.I.: <u>1717190886</u> Fecha: <u>12/01/2016</u> SON: **Dochientos Sesenta y Cuatro Con 80/100**					
MOTIVO DE TRASLADO: <u>Venta 12 / Enero /2016</u> FECHA DE INICIO DEL TRASLADO:		CÓDIGO CLIENTE: 1707329460001 COMPROBANTE DE VENTA: FC00000379 FECHA DE TERMINACIÓN DEL TRASLADO: 12 / Enero /2016		AUTORIZACIÓN SRI: 1117970886 R.U.C.: 1792628431001 GUÍA DE REMISIÓN 001-001-1 0000379	
PUNTO DE PARTIDA: <u>AV DIEGO DE VASQUEZ LOTE 12 Y AV 10 DE AGOSTO</u> DESTINATARIO: <u>SUNTAXI TIPAN JUAN NESTOR</u> NOMBRE O RAZÓN SOCIAL: <u>1707329460001</u> R.U.C./C.I.:		TRANSPORTISTA: R.U.C./C.I.: PUNTO DE LLEGADA: <u>CANARIS LOTE 2 Y PANZALEO</u>		1707329460001 0000379	
TRANSPORTISTA		RECIBI CONFORME			
NOTA: SALIDA LA MERCADERÍA NO SE ACEPTA NINGÚN RECLAMO NI DEVOLUCIÓN ORIGINAL BLANCO: ADQUIRENTE • COPIA CELESTE: EMISOR • COPIA ROSADA: SIN DERECHO A CREDITO TRIBUTARIO Francisco Jiménez • Gráficas France • RUC 1100341971001 • AUT. 1675 • Fecha de Autorización: 01/Diciembre/2015 • C.C. 099001 AL 0994900 FECHA DE CADUCIDAD: 01/DICIEMBRE/2016					

IMPORT ACEROS SCCIMPORT ACEROS INDUSTRIA METALMECANICA
PROCESADORA DE ACERO IMPORT ACEROS SCCAv. Diego de Vázquez Lote N. 12 y Av. 10 de Agosto
(Sector Intercambiador de Cabañén)
PBX: 2 486-287 Cel: 099 7800-636 / 099 9040-596
E-mail ventas: importaceros@andina.net
E-mail documentos electrónicos: contabilidad@importaceros.com
www.importaceros.com Quito

R.U.C.: 1792628431001

FACTURA 001-001-00

0000738

AUTORIZACIÓN SRI: 111797000

Fecha Emisión: 04 / Febrero /2016
Nombre: SUNTAXI TIPAN JUAN NESTOR
Dirección: CANARIS LOTE 2 Y PANZALEO
R.U.C./C.I.: 1707329450001Fecha de Vencimiento:
05 / Marzo /2016
Cementerios:

Tel: 2335530

CANTIDAD	ARTÍCULO	P.V.P.	% DSCTO.	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
50	PLANCHA ACERO INOXIDABLE MATE 1.5MM	91.96	0.00	91.96	4.599.00

Debo y pagaré incondicionalmente en moneda de curso legal, a la orden de IMPORT ACEROS INDUSTRIA METALMECANICA PROCESADORA DE ACERO IMPORT ACEROS SCC en el lugar en que se me reconvoque, el valor total contenido de la factura comercial que antecede. Pagaré al vencimiento, al menor requerimiento verbal del acreedor. En caso de mora, pagaré además la máxima tasa anual de interés por mora fijada por la Autoridad competente, así como los gastos judiciales y extrajudiciales, incluyendo honorarios profesionales por el cobro de esta obligación, bastando para determinar estos valores, la sola afirmación unilateral del acreedor. Me obligo con todos mis bienes, presentes y futuros. El pago no podrá hacerse por partes, ni aun por mis herederos o sucesores. Sin protesto, eximido de presentación para el pago y de avisos por falta del mismo. Me someto a los jueces o tribunales competentes de Quito, para todo efecto relativo a esta obligación, y a la vía ejecutiva o verbal sumaria a la elección del acreedor.

SUBTOTAL \$ 4,599.00
DESCUENTO 0.00
NETO 4,599.00
I.V.A. 12...% 551.88
TOTAL \$ 5,150.88NOMBRE: Juan Santae
C.I.: 179319773
Fecha: 03/02/2016

Visto Bueno, Fecha ut Supra

Fj

SON: "Cinco Mil Ciento Cincuenta Con 88/100"

MOTIVO DE TRASLADO: FECHA DE INICIO DEL TRASLADO: Venta 04 / Febrero /2016	CODIGO CUENTE COMPROBANTE DE VENTA FECHA DE TERMINACIÓN DEL TRASLADO: 1707329450001 FC000000738	AUTORIZACIÓN SRI: 111797000 R.U.C. 1792628431001
PUNTO DE PARTIDA: DESTINATARIO: NOMBRE O RAZÓN SOCIAL: R.U.C./C.I.:	AV DIEGO DE VASQUEZ LOTE 12 Y AV 10 DE AGOSTO SUNTAXI TIPAN JUAN NESTOR 1707329450001	04 / Febrero /2016 FECHA DE REMISIÓN 001-001-00 0000738

TRANSPORTISTA

RECIBI CONFORME

NOTA: SALIDA LA MERCADERIA NO SE ACEPTA NINGUN RECLAMO NI DEVOLUCIÓN

ORIGINAL BLANCO: ADQUIRENTE • COPIA CELESTE: EMISOR • COPIA ROSADA: SIN DERECHO A CANCELACIÓN TRIBUTARIO
Francisco Jiménez • Gráficas Francés • RUC: 1100341971001 • AUI: 1075 • Fecha de Autorización: 01/12/2015 • CCL 0000001 AL 0004000
FECHA DE CADUCIDAD: 01/12/2016

**MATISSE & COLORES**

GONZALEZ JIMENEZ PABLO RUBEN

RUC.: 1708068026001
AUT. S.R.I. N° 1117280653
OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD**FACTURA** S 002-001 N° 0009978CLIENTE: **JUAN SUNTAXI**DIRECCION: **RUMILOMA**R.U.C.: **1718197773**Tlf.: **2080522**FECHA: **01/03/2016**

GUIA DE REMISION:

DIREC.: RIO COCA 100 Y GENERAL ENRIQUEZ
(URB. SAN JORGE) - SANGOLQUI - ECUADOR
Telfs.: (593-2) 2081783 / 2337787 / 0999 975 150
Email: pab.gonzalez@hotmail.com

SU REFERENCIA	CAJA	ORDEN DE VENTA	AGENTE DE VENTAS	TERMINOS DE PAGOS	VENCIMIENTO
1718197773	002-001-		9009978	Efectivo	01/03/2016

CODIGO	DESCRIPCION	CANTIDAD	PRECIO NETO	TOTAL VENTA
U-390A-1G	MULTIPRIMER GRIS-1G	1.00	20.050	20.05

OBSERVACIONES:	LA SUMA DE:	SUBTOTAL	DESCUENTO	TOTAL VENTA	I.V.A. 12 %	TOTAL A PAGAR
	DEBTO Y PAGARE INCONDICIONALMENTE A LA ORDEN DE GONZALEZ JIMENEZ PABLO RUBEN, PARA CAMBIOS FAVOR PRESENTAR FACTURA DENTRO DE LOS DOS DIAS SIGUIENTES, SE EXCEPTUAN PINTURAS PREPARADAS Y PROMOCIONES.	20.05	0.00	20.05	2.41	22.46
	NO HAY DEVOLUCION DE DINERO					

FIRMA CLIENTE

"GRUPO GRAFICO ALBUJA" Albuja Otello Segundo Santiago R.U.C.: 171046299001 AUT. 2886 Impreso del 005301 hasta 010300 Fecha de Aut. 28 JULIO 2015 Valido hasta 28 JULIO 2016

Adaptando Original / Entero / Copia / En Dinero / Copia Detallada / Copia 31

SUMHIDRO GG
RUC 1703764702001
GONZALEZ CEVALLOS LILIAN ELVIRA
Av. General Enriquez SN y Cuarta Transversal
Tel. 2861302- 2862-643
Rumiñahui - Ecuador
www.sumhidrogg.com
FACTURA 001-001- 000008574Aut. S.R.I. 1118262720
Fecha de Autorización: 27/Enero/2016
"OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD".

Fecha 25 DE FEBRERO DE 2016

Cliente SUNTAXI JUAN

Factura No. 8574

RUC/CI 1718197773

Direccion SANGOLQUI

Vendedor ZONIA SALTO

Telefono 2080522

Codigo	Descripcion	UBC	Cant	P.U.	Total
520909	VALV BOLA BR 2" BUGAT	A2AE01	1.00	40.17	40.17
6652.0.E.1	VALV BOLA 1/2 F.V. BR	A2BA02	1.00	4.65	4.65

Forma de Pago	CONTADO	16.02.19	Subtotal	44.82
Vencimiento			Descuento	0.00

Suministros Sumgonza S.A.	Recibi Conforme	Subtotal	44.82
Nombre		IVA 12%	5.38
C.I.		Total	50.20

MEDIDOR G2

VETO

SUMHIDRO GG
RUC 1703764702001

GONZALEZ CEVALLOS LILIAN ELVIRA
Av. General Enriquez SN y Cuarta Transversal
Tel. 2861302- 2862-643
Rumiñahui - Ecuador

www.sumhidrogg.com

FACTURA 001-001- **000009137**



Aut. S.R.I. 1118262720
Fecha de Autorización: 27/Enero/2016
"OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD".

Fecha 10 DE MARZO DE 2016

Cliente SUNTAXI JUAN

Factura No. 9137
RUC/CI 1718197778

Dirección SANGOLQUI

Vendedor ZONIA SALTO

Teléfono 2080522

Código	Descripción	UBC	Cant	P.U.	Total
5200906	VALV BOLA BR 1 1/2"BUGAT	A2AE03	1.00	25.55	25.55

Forma de Pago	CONTADO	11:23:26	Subtotal	25.55
Vencimiento			Descuento	0.00

Subtotal	25.55
IVA 12%	3.07
Total	28.62

Suministrador Sumgonza S.A.

Recibi Conforme

Nombre
C.I.



KAROL ANABELA MONTALVO VELASTEGUI
ELECTROMECAÁNICA ECUADOR

Contribuyente o persona natural obligada a llevar contabilidad

VENTA DE MATERIAL ELÉCTRICO

☆COMERCIAL☆RESIDENCIAL☆INDUSTRIAL

MATRIZ: AV. GENERAL ENRIQUEZ 3370 Y
SÉPTIMA TRANSVERSAL - RUMIÑAHUI
TELEFAX: 2864815 TELÉFONO: 2863169

143909 R.U.C.: 171215598300

AUTORIZACIÓN SRI No.

1117750831

12:07:03

Válido para su emisión hasta 19/OCTUBRE/

SEÑOR (ES): JUAN SUINTAXI

10000

DIRECCIÓN: CALLE 14 Y PANSALEOS

R.U.C./C.I.: 1718197773

TELÉFONO: 2080522

CIUDAD: SANGOLQUI

FACTURA No. 001-001-000143909

Web: www.emevall.net

E-mail: electromecanicaecuador@hotmail.com

FECHA FACTURA	FECHA VENCIMIENTO	FORMA DE PAGO	CÓDIGO VENDEDOR	NOTA DE PEDIDO N	REVISADO POR
10/MARZO/2016	15/MARZO/2016	CONTADO	IRP		

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	%DESC	PRECIO TOTAL
034099	CAJA METALICA 30*30*20 S.PESADO	1.0	29.0200	10	29.02
137032	PULSADOR DOBLE 22mm	1.0	5.3600	10	5.36

CANCELADO 10 MAR 2016

SON: TREINTA Y CUATRO 65/100 DOLARES.

DESCUENTO 3.44

SUBTOTAL SIN IVA 0.00

SUBTOTAL CON IVA 30.94

I.V.A. 12% 3.71

OTROS

TOTAL → 34.65

DEBO Y PAGARÉ A5..... DÍAS FUJOS A LA ORDEN DE KAROL ANABELA MONTALVO V. EL VALOR TOTAL DE ESTA FACTURA INCONDICIONALMENTE EN EL LUGAR QUE SE ME RECONVENGA. RENUNCIO A FUERO Y DOMICILIO EN CASO DE MORA PAGARÉ EL MÁXIMO DE INTERÉS CONVENCIONAL A PARTIR DEL VENCIMIENTO DE LA FACTURA ASI COMO TAMBIEN PAGARÉ LOS GASTOS Y HONORARIOS PROFESIONALES QUE OCASIONARE EL COBRO DE ESA OBLIGACIÓN SIENDO SUFICIENTE PRUEBA PARA ESTABLECER EL MONTO DE TALES GASTOS LA SOLA ASEVERACIÓN DE LA ACREEDORA SIN PROTESTO.

SALIDA LA MERCADERÍA NO SE
ACEPTAN CAMBIOS POSTERIORES

C.I.: RECIBI CONFORME

- CLIENTE -

Downloaded At: 11:53 11 September 2009



GUERRERO BARRENO HUGO GERARDO
ACEROS INDUSTRIALES
"OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD"
Ofrece: Aceros - Ángulos - Tubería - Platinas - Ejes Planchas y
Accesorios Inoxidables; Bronces, Grilón, Chumaceras y Rodamientos

FACTURA

001-001

001001FAC0153881

R.U.C. 1801252170001

Nº 00015388

AUT. S.R.I. 1118139789

Fecha de Autorización: 06/ENERO/2016

Cliente: SUNTAXI JUAN HENRY

Emission: 17/02/2016

Dirección: SANGOLQUI

Vence: 17/02/2016

RUC/CI: 1718197773

Vendedor: 4 WILSON GRIJALVA

Telefono: 2080522

Nota Pedido:

Observación:

CODIGO	DESCRIPCION	UNI	CANT.	P.UNIT.	DSCT1	DSCT2	DSCT3	PVP-DSCTO	TOTAL
12TA.4X1	POLEA HIERRO FUN. 4" TIPO A 1 CANAL	LPS	1.000	16.15	10.00%	5.00%	4.00%	14.53	13.26
12TA.8X1	POLEA HIERRO FUN. 8" TIPO A 1 CANAL	LPS	1.000	30.78	10.00%	5.00%	4.00%	27.70	25.26

HUGO GUERRERO B.
1801252170001
VENDEJORES
CANCELADO

Con la firma del presente, autorizo a Hugo Guerrero B. a consultar, procesar, reportar y suministrar mi historial crediticio; sea de carácter financiero o comercial; en los burós de información certificados por la Superintendencia de Bancos.

Debo y pagaré a la orden de Guerrero Barreno Hugo G. en el lugar y fecha que se me reconenga el valor total expresado en este documento mas los impuestos respectivos y el máximo interés legal por mora permitido desde su vencimiento sin protesto. Exímese de presentación para el pago así como por falta de este hecho renuncio domicilio y me someto a los jueces competentes de la ciudad de Quito y al trámite ejecutivo verbal sumario a elección de Guerrero Barreno Hugo G. o sus cesionarios. Acepto que Guerrero Barreno Hugo G. ceda y transfiera en cualquier momento los derechos que emanan del presente documento sin que sea necesaria notificación alguna ni nueva aceptación de mi parte. Acepto las condiciones incorporadas en la presente factura a la vista y sin protesto.

SALIDA LA MERCADERIA, NO SE ACEPTAN DEVOLUCIONES

Facturado por

Recibí Conforme
Nombre / CI / Sello

Subtotal	Total Dcto.	Tarifa Cero.	Base Imponible	IVA.12	% Iva
46.93	6.41	0.00	38.52		4.62
Dcto. Adicional	Flete	Total a pagar:			
	0.00	43.14			

Los Pinos E7-30 e Inés de Medina Telf.: 3280-928 2408-731 2405-415 Telefax: 2401-197 Cel. 0999-656970 (Frente al Batallón Rumiñahui) Quito - Ecuador

IMPRESA BOLIGRAF: BELALCAZAR MOLINA BOLIVAR ABDON, R.U.C. 1711157295001, AUT. 3830, Telf.: 2557 785, Numerado del 000152001 al 000154500 FECHA DE CADUCIDAD: 06/ENERO/2017

blanca: Adquiriente, Amarilla: Emisor, Verde: Archivo.

E-mail: aceroshgb@hotmail.com / www.acerosindustrialeshgb.com



KAROL ANABELA MONTALVO VELASTEGUI
ELECTROMECAÁNICA ECUADOR
Contribuyente o persona natural obligada a llevar contabilidad

MATRIZ: AV. GENERAL ENRIQUEZ 3370 Y
SÉPTIMA TRANSVERSAL - RUMINAHUI
TELEFAX: 2864815 TELÉFONO: 2863169

145975 R.U.C.: 1712155983001
AUTORIZACIÓN SRI No.
1118472661

VENTA DE MATERIAL ELÉCTRICO
☆COMERCIAL☆RESIDENCIAL☆INDUSTRIAL

11:25:30

Válido para su emisión hasta 09/MARZO/2017

SEÑOR (ES): JUAN SONTANI
DIRECCIÓN: CALLE 14 Y PANSALEOS
R.U.C./C.I.: 1718197773
CIUDAD: SANGOLQUI

10000

TELÉFONO: 2080522

FACTURA No. 001-001- 000145975

Web: www.emevall.net
E-mail: electromecanicaecuador@hotmail.com

FECHA FACTURA	FECHA VENCIMIENTO	FORMA DE PAGO	CÓDIGO VENDEDOR	NOTA DE PEDIDO N	REVISADO POR
11/MAYO/2016	16/MAYO/2016	CONTADO	FAM		

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	%DESC.	PRECIO TOTAL
261001	VARIADOR 1HP/220V 6SL3210-5BB18 SIEMENS.	1.0	278.0000		278.00
SON: TRESCIENTOS ONCE 36/100 DOLARES.					

ELECTRO MECANICA ECUADOR
FORMA DE PAGO
E.M.E. CANCELADO

DEBO Y PAGARÉ A...5...DÍAS FIJOS A LA ORDEN DE KAROL ANABELA MONTALVO V. EL VALOR TOTAL DE ESTA FACTURA INCONDICIONALMENTE EN EL LUGAR QUE SE ME RECONVENGA. RENUNCIO A FUERO Y DOMICILIO EN CASO DE MORA PAGARÉ EL MÁXIMO DE INTERÉS CONVENCIONAL A PARTIR DEL VENCIMIENTO DE LA FACTURA ASI COMO TAMBIÉN PAGARÉ LOS GASTOS Y HONORARIOS PROFESIONALES QUE OCASIONARE EL COBRO DE ESA OBLIGACIÓN SIENDO SUFICIENTE PRUEBA PARA ESTABLECER EL MONTO DE TALES GASTOS LA SOLA ASEVERACIÓN DE LA ACREEDORA SIN PROTESTO.

SALIDA LA MERCADERIA NO SE
ACEPTAN CAMBIOS POSTERIORES

RECIBI CONFORME
C.I.:

SUBTOTAL SIN IVA 0.00

SUBTOTALCON IVA 278.00

I.V.A. 12% 33.36

OTROS

TOTAL 311.36

- CLIENTE -



KAROL ANABELA MONTALVO VELASTEGUI
ELECTROMECAÁNICA ECUADOR

Contribuyente o persona natural obligada a llevar contabilidad

VENTA DE MATERIAL ELÉCTRICO

☆COMERCIAL☆RESIDENCIAL☆INDUSTRIAL

MATRIZ: AV. GENERAL ENRÍQUEZ 3370 Y
SEPTIMA TRANSVERSAL - RUMIÑAHUI
TELEFAX: 2864815 TELEFONO: 2863169

145772 R.U.C.: 171215598300

AUTORIZACIÓN SRI No.

1118472661

Válido para su emisión hasta 09/MARZO/20

11:31:49

SEÑOR (ES): JUAN SUNTAXI

10000

DIRECCIÓN: CALLE 14 Y PANSALECE

R.U.C./C.I.: 1718197773

TELÉFONO: 2080522

CIUDAD: SANGOLQUI

FACTURA No. 001-001- 000145772

Web: www.emevall.net

E-mail: electromecanicaecuador@hotmail.com

FECHA FACTURA	FECHA VENCIMIENTO	FORMA DE PAGO	CÓDIGO VENDEDOR	NOTA DE PEDIDO N	REVISADO POR
05/MAYO/2016	10/MAYO/2016	CONTADO	LTC		

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	%DESC.	PRECIO TOTAL
111003	MOTOR TRIFASICO 1HP 1660 RPM 220/440V	1.0	181.0000		181.00
SON: DOSCIENTOS DOS 72/100 DOLARES.					

ELECTRO MECANICA ECUADOR
FORMA DE PAGO
CANCELAO

DEBO Y PAGARE A ... DÍAS FIJOS A LA ORDEN DE KAROL ANABELA MONTALVO V. EL VALOR TOTAL DE ESTA FACTURA INCONDICIONALMENTE EN EL LUGAR QUE SE ME RECONVENGA. RENUNCIO A FUERO Y DOMICILIO EN CASO DE MORA PAGARE EL MÁXIMO DE INTERÉS CONVENCIONAL A PARTIR DEL VENCIMIENTO DE LA FACTURA ASI COMO TAMBIÉN PAGARE LOS GASTOS Y HONORARIOS PROFESIONALES QUE OCASIONARE EL COBRO DE ESA OBLIGACIÓN SIENDO SUFICIENTE PRUEBA PARA ESTABLECER EL MONTO DE TALES GASTOS LA SOLA ASEVERACIÓN DE LA ACREEDORA SIN PROTESTO.

SALIDA LA MERCADERIA NO SE
ACEPTAN CAMBIOS POSTERIORES

C.I.: RECIBI CONFORME

SUBTOTAL SIN IVA 0.00

SUBTOTALCON IVA 181.00

I.V.A. 12% 21.72

OTROS

TOTAL 202.72

- CLIENTE -

Anexo 2. Máquina terminada



Anexo 3. Plano de conjunto de la máquina

